Валентин Рич

ВИТОК СПИРАЛИ

Издательство
„Детская литература"

SHOUT
SHARE
IT

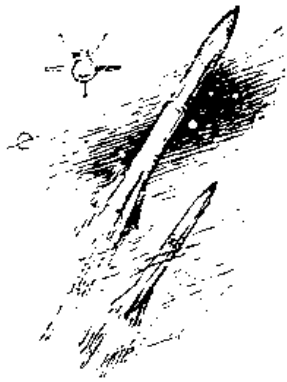
Annotation

Рассказы о химических элементах, об истории их открытия и свойствах, о создании периодической системы.

На страницах этой книги вы встретитесь с великими мыслителями древности, знаменитыми мудрецами средневековья, пытливыми естествоиспытателями XVII и XVIII веков, основоположниками современной науки. Демокрит и Аристотель, Роджер Бэкон и Джабир ибн-Хайян, Бойль и Ломоносов, Лавуазье и Дальтон, Менделеев и Рамзай, Мария Кюри и Резерфорду Бор и Ферми, Петржак, Флеров, Сегре и многие другие ученые на ваших глазах будут разгадывать труднейшие загадки природы. И вы сможете приобщиться к самому высокому виду приключений — к приключениям человеческой мысли, постигающей мир.

Для среднего и старшего возраста.

-
- Часть первая
  - Глава первая,
  - Глава вторая,
  - Глава третья,
- Часть вторая
  - Глава первая
  - Глава вторая,
  - Глава третья,
  - Глава четвертая,
- Часть третья
  - Глава первая,
  - Глава вторая,
  - Глава третья,
  - Глава четвертая,
  - Глава пятая,
  - Глава шестая,
- Часть четвертая
  - Глава первая,
  - Глава вторая,
  - Глава третья,
  - Глава четвертая,
  - Глава пятая,
  - Глава шестая,
  - Глава седьмая,
  - Глава восьмая,



Валентин Рич

ВИТОК СПИРАЛИ

МОСКВА
«Детская литература»
1974

Рисунки Ш. КУСКОВА
Научно-художественная литература

Часть первая
УТВЕРЖДЕНИЕ

Глава первая, в которой читатель знакомится с двумя рецептами изготовления золота

ТАЙНА ДЖЕЙМСА ПРАЙСА

Это случилось почти двести лет тому назад, весной 1782 года. Началось все с того, что молодой, но уже известный английский ученый, член Лондонского королевского общества Джеймс Прайс собрался жениться.

И вот однажды вместе со своей невестой он поехал в только что купленный дом, в котором они должны были поселиться после свадьбы. Этот дом принадлежал раньше доктору Айришу, про смерть которого ходили темные слухи. Старик жил в полном одиночестве, занимался какими-то таинственными опытами, чуть ли не весь дом превратил в лабораторию и, в конце концов, был найден мертвым среди своих реторт и перегонных кубов.

Вполне понятен интерес, с которым Прайс разглядывал доставшееся ему имущество доктора Айриша. Вполне понятно и то, что более всего заинтересовало Прайса содержимое письменного стола. Он стал рыться в ящиках и вскоре уже держал

в руках пожелтевшую от времени рукопись.

Большой медной булавкой к последней странице рукописи был приколот конверт, запечатанный сургучной печатью.

Прайс сломал сургуч и вытряхнул из конверта его содержимое — ярко-красный порошок.

Тогда он заглянул в рукопись и прочел ее заглавие: «Как я нашел секрет всемогущества».

«6 сентября 1753 года, вечером, — сообщал доктор Айриш, — пришел ко мне незнакомый человек. Он произвел на меня хорошее впечатление. После приятной беседы он спросил меня, видел ли я когда-нибудь философский камень и знаю ли вещество, из которого он состоит. Когда я ответил, что ни разу не видел, незнакомец достал шкатулку из черного дерева и раскрыл ее. В шкатулке лежали четыре больших куска вещества, похожего на красное, как рубин, стекло. Я уговорил незнакомца дать мне немного этого драгоценного вещества. Затем он покинул мой дом, и никогда более я его не встречал…»

Далее шло описание опытов с философским камнем.

Позабыв о невесте, Джеймс Прайс лихорадочно глотал строчку за строчкой, страницу за страницей.

«Вылил настойку в воск… шесть драхм ртути… шипящий звук… газы… через пятнадцать минут ртуть превратилась в чистое золото… Я стал богат… настойка кончилась… построил лабораторию… попытки… еще попытки… Удача, настойка получена!.. Но слишком дорогой ценой… жизнь моя в опасности… слишком стар, чтобы продолжать…»

На этом рукопись обрывалась.

— Прости, дорогая, — сказал Джеймс Прайс, — еще пятнадцать минут. Надо проверить!

Он насыпал в тигель немного порошка и ринулся в соседнюю комнату, к печке.

Прошло пятнадцать минут и еще пятнадцать минут.

Невеста обиделась и уехала.

Никто не знает, когда Прайс закончил опыт. Но когда это произошло, в дымящемся тигле, который он держал щипцами, сверкала золотая лужица драгоценного металла.

…Джеймс Прайс так и не помирился со своей невестой. Целый год он жил один в доме доктора Айриша и делал золото.

Потом он стал демонстрировать свое искусство соседям.

Потом к нему стали наведываться ученые коллеги из Лондона, и он делал свои опыты при них и даже давал им свой порошок, и у них тоже получалось золото.

Наконец, слухи об этом дошли до самого английского короля, и Прайс предстал пред его величеством Георгом Третьим.

Король весьма одобрил замечательное искусство своего подданного. И после того как самые опытные химики королевства подтвердили, что самодельное золото Прайса ровно ничем не отличается от хранимого в подвалах Британского казначейства, алхимику было предписано изложить ученым коллегам сущность великого открытия и передать Королевскому обществу запас красного порошка.

Но шли месяцы, а Джеймс Прайс не торопился исполнить эти требования.

В августе 1783 года к нему были направлены двое ученых мужей — сэр Филипп Кларк и доктор Спэнс с ультиматумом: порошок или суд.

— Порошок! — сказал Прайс. И отправился в лабораторию.

Через три часа его нашли мертвым. Он лежал на полу, рядом с ним валялся пузырек из-под синильной кислоты.

ДВА РЕЦЕПТА

Рукопись старого доктора Айриша, которую нашел Джеймс Прайс, до нас не дошла. Может быть, она сгорела во время одного из многочисленных в те времена пожаров. А может быть, была запрятана так, что ее не смогли найти, и давным-давно истлела в каком-нибудь тайнике.

Но кое-какие рецепты алхимиков сохранились. Их можно отыскать в старинных рукописях, бережно хранимых в библиотеках по сей день.

Например, вот такой:

ИЗУМРУДНАЯ ТАБЛИЦА ГЕРМИЯ ТРИЖДЫ ВЕЛИЧАЙШЕГО

Это верно, без обмана, истинно и справедливо! То, что внизу, как то, что вверху, и то, что вверху, как то, что внизу, для того чтобы совершать чудеса одного и того же. И подобно тому, как все предметы произошли из одного по мысли одного, так все они произошли из этого вещества путем его применения. Его отец Солнце, его мать Луна, ветер носил его, земля его кормила. Оно отец всякого совершенства во Вселенной. Его могущество безгранично на Земле. Отдели землю от огня, гонкое от грубого, осторожно, с большим искусством. Это вещество поднимется от земли к небу и тотчас снова низойдет на землю. Оно наберет силу верхних и нижних вещей. И ты получишь славу мира, и всякий

мрак удалится от тебя… Я сказал все о деле солнца.

Солнцем в старину именовали золото. «Сол» и «зол» — корни одного происхождения. Древние римляне золото называли «аурум» от «Аврора» — «заря». Так что «дело солнца» — это безусловно «изготовление золота».

Но в остальном этот рецепт совершенно невразумителен. Впрочем, были и более ясные рецепты. Один из них приписывают некоему Иоанну Исааку Голланду, будто бы жившему в XV веке.

СЕ РЕЦЕПТ

Найденный в сундуке, замазанном в стене, был продан за великие деньги, изведан самим делом на опыте и от искусных в алхимии одобрен, что и по делу оказывается. Того ради остерегайтесь открывать толикой важности секрет жадным и надменным людям, таково же и тем, кои не суть дети философии. Итак, начнем. Возьми во имя господа Иисуса Христа столько золота, сколько тебе угодно. Сделай амальгаму из одной части ртути, куда положи и золото, и дай ртути выкуриться на малом жару. Потом нагревай его двадцать суток. Изотри мелко, после налей хорошего уксусу на четыре пальца сверх материи, замажь горлышко и поставь в теплую золу на двое суток, по прошествии коих уксус получит от золота красный цвет. Потом нагревай снять по-прежнему девять суток, уменьшая число дней нагревания и сливая завсегда крашеный уксус вместе. И сие продолжай делать до тех пор, пока все твое золото распустится и останется на дне один серый порошок, который ни к чему не годится. Растворенное дистиллируй, то и найдешь твою соль на дне. Нагревай после двенадцать часов, как сне в рецепте писано, потом растворяй золото в спирте, дай устояться и оставшееся на дне от растворения нагревай трое суток, поступая так, как писано об уксусе. Когда все золото в спирте распустилось, то на дне найдешь прекрасную соль, которая тотчас растворяется подобно нашатырю. Возьми сей соли одну часть и четыре части ртути, обложи их горячими угольями, то по прошествии получаса найдешь твою ртуть кальцинировавшейся в порошок. Теперь возьми сей порошок ртути и нагревай трое суток, потом изотри и раствори в, уксусе. Нагревай вторично, раствори в спирте и бери опять на одну его часть четыре, поступая все по-прежнему. Наконец, растопивши одну часть сего порошка, брось на четыре части ртути, то превратится в хорошее золото и серебро. И так по сему к поступайте. Аминь.

«Собрание различных достоверных химических книг, а именно Иоанна Исаака Голланда Рука Философов, о Сатурио, о растениях, минералах, кабале и о Камне Философском» вышло и русском переводе всего через четыре года после смерти Джеймса Прайса — в 1787 году. Вера и подобные рецепты иссякла к тому времени уже почти совсем. Джеймс Прайс, по всей вероятности, был одним из последних ученых, принимавших их всерьез и не понимавших, что полото, которое они получали из ранных, порошков, в этих порошках уже было.

Но времена, когда возможность превращения одних металлов в другие ни у кого сомнений не вызывала, еще не были забыты…

Глава вторая, которая посвящена научным воззрениям древних европейцев

НЕДОПЕЧЁННОЕ ОЛОВО, НЕДОВАРЕННЫЙ СВИНЕЦ

В одну из глухих ночей 1263 года к затерянному в лесах Северной Франции монастырю, как и все тогдашние монастыри более похожему на крепость, чем на святую обитель, подъехала закрытая повозка в сопровождении четверых всадников.

Заскрипели блоки, загремела цепь, опуская тяжелый дубовый мост, распахнулись окованные железными листами ворота. Повозка и всадники промчались по мосту и скрылись за кирпичной зубчатой стеной.

Закрылись железные ворота. Снова заскрипели блоки и загремела цепь. Мост поднялся. Глубокий, полный гнилой воды ров и высокая глухая стена надежно отрезали повозку и всадников от всего остального мира.

А через несколько минут, придвинув поближе к свече пергаментный свиток, отец настоятель, шевеля губами, читал послание его преосвященства Иеронима — генерала Ордена святого Франциска Асизского.

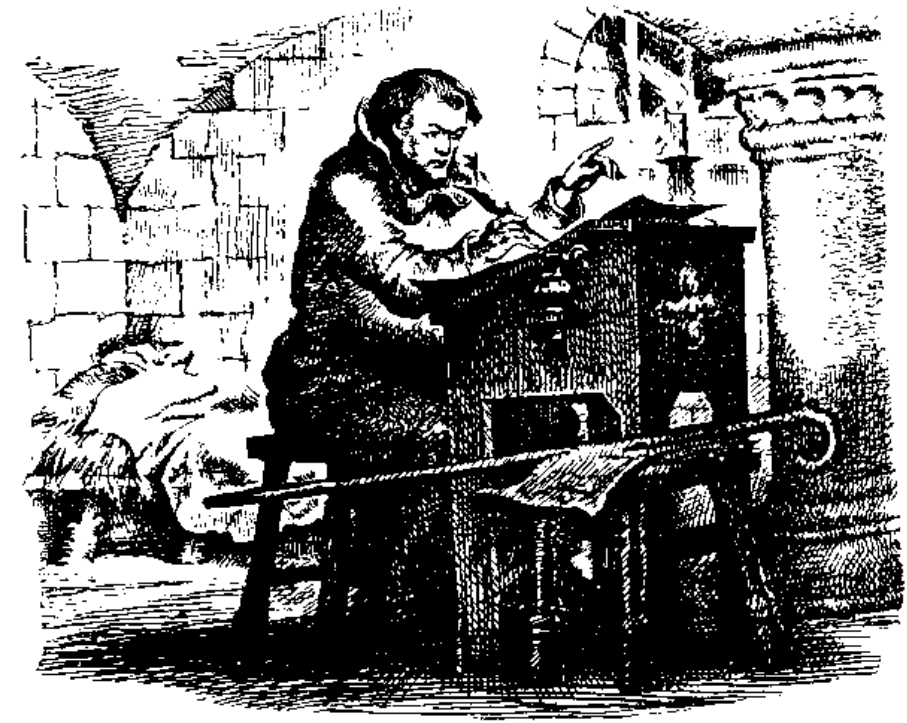
«Сей брат Роджер, — говорилось в послании, — должен жить в полном уединении от мира и в разлуке с друзьями. У него есть ученики, обращающиеся к нему за советом. Пусть он станет ничем для них. Он должен быть заключен в тюрьме на хлебе и воде и следует конфисковать всякую рукопись, какую ом вздумает куда-либо отправить…»

Наутро сытые кони вынесли из монастыря всадников и повозку. Но тот, кто ночью находился в повозке и о ком шла речь в послании главы Ордена, остался в каменном мешке.

Полное имя узника было Роджер Бэкон. Но современникам он был известен более как Доктор Мирабилис — Внушающий Удивление.

Да и как мог не внушать удивления окружающим странны и монах, который первым в Европе выдумал порох! А еще — объяснил причину радуги. А еще — изобрел очки и телескоп. А еще — уверял, что между Европой и Индией простирается океан — это за 250 лет до Колумба! А еще — утверждал, что человек ничего не должен принимать на веру, а до всего обязан доходить

своим умом и стараться все на свете проверять опытом. О человеческом разуме Доктор Мирабилис был такого высокого мнения, что утверждал: «Можно сделать корабли, идущие без гребцов. И быстрые колесницы без коней. И летательные аппараты. И такие устройства, чтобы ходить безопасно по дну моря и рек…»



Простой народ удивлялся. А святых отцов все пуще охватывал великий гнев. Брат Роджер подрывал веру! Это следовало пресечь.

И пресекли.

Многие годы провел Роджер Никон в монастырской темнице, отрезанный от своей, превращенной в лабораторию, кельи, от учеников, от книг, от возможности наблюдать природу и ставить опыты.

Лишь связка гусиных перьев, да наполненная до края свинцовая чернильница, да желтые листы пергамента были его друзьями. Но они же были и его предателями. Недаром ведь отец настоятель тратился на эти принадлежности. Недаром его преосвященство строго наказывал не выпускать из рук Ордена исписанные узником страницы. Они ждали, что на этих страницах будут раскрыты тайны алхимии, и золото, сотворенное по рецептам Доктора Мирабилиса, наполнит хранилища Ватикана.

С великими предосторожностями, под надежной охраной, все, написанное братом Роджером, доставляли самому римскому пане. И римский пана Климент Четвертый читал:

«Я буду говорить здесь о происхождении металлов и об их естественных началах. Заметьте прежде всего, что начала металлов суть ртуть и сульфур. Эти два начала породили все металлы. Природа всегда имеет целью достичь совершенства — то есть золота. Но вследствие различных мешающих ей случайностей получаются и другие металлы, как это ясно изложено многими философами. Золото есть тело совершенное, составленное из чистой, блестящей, постоянной, окрашенной в красный цвет ртути и из чистого, постоянного, окрашенного в красный цвет сульфура. Серебро — тело почти совершенное, ему недостает только немного веса, постоянства и цвета. А вот олово — тело несовершенное, оно немного недопечено и недожарено. Свинец же недостаточно проварен…»

Не надо думать, что Доктор Мирабилис намеренно запутывал своих тюремщиков. Нет, он честно излагал то, что думал и знал. Лишенный возможности творить новое знание, он в своих сочинениях подводил итог тем знаниям, которые были накоплены его предшественниками. Недаром ссылался он на «многих философов». И странные для нас слова Роджера Бэкона о недопеченном олове и недоваренном свинце опирались на опыт предшествовавших ему поколений.

«ОТ ЧЕТЫРЬ СОСТАВ»

Лет за двести до того как в семье разорившегося рыцаря Бэкона из английского графства Соммерсет родился мальчик Роджер, на другом конце Европы, в Киеве, родился князь Святослав Ярославич.

Поскольку он не был первым сыном великого князя Ярослава Владимировича, отец дал ему не Киев, а всего-навсего Чернигов. И пришлось Святославу сперва вместе с первым братом Изяславом Киевским и вторым братом Всеволодом Переяславским отбирать Тьмутаракань у дяди Ростислава Владимировича и Полоцк У другого дяди — Всеслава. А потом воевать с половцами. А потом назначать в Новгород князем своего сына Глеба. И только тогда ему удалось — с помощью своего второго брата Всеволода — изгнать из Киева своего первого брата Изяслава и занять его место.

Удивительно, как, несмотря на все это, Святослав Ярославич успевал читать книги, которые специально для него переписывай со старых греческих и болгарских образцов.

Две книги из библиотеки Святослава дошли до наших дней. Они называются изборниками. В одном изборнике есть рисунок, изображающий Святослава и его семью. Это один из немногих портретов древнерусских князей, сделанных с натуры и дошедших до нас.

Все содержание этого изборника было слово в слово списано с изборника, составленного для болгарского царя Симеона, а тот изборник, в свою очередь, почти дословно повторял византийский оригинал. Так что сведения, которые Святослав мог почерпнуть в этой книге, были общепринятыми в тогдашнем культурном мире.

Ни о золоте, ни об олове и свинце в изборнике Святослава нет ничего. Но все же кое-что, к нашему предмету относящееся, имеется. А именно: рассуждение о том, из чего состоит человеческое тело.

Оказывается, наши предки считали так: «Тело человече от четырь состав создано, имать бо от огня теплоту, от въздуха же студеньство, от земля же сухоту, от воды же мокроту». То есть человеческое тело состоит из четырех первоначальных основ — из огня, из воздуха, из земли, из воды. А видно это из того, что оно обладает свойствами теплоты, холода, сухости, влажности. Теплота же, каждому ясно, может быть только от огня, холод — от воздуха, сухость — от земли, влажность — от воды.

Все логично! Чем еще можно согреть, если не огнем? Где охлаждается разгоряченный лоб и щеки — на ветру, на воздухе. Как высушить непролазную дорогу — насыпать песку. А связь влажности с водой так же очевидна, как теплоты — с огнем.

Но почему именно «от четырь состав», а не от пяти, шести, семи или, например, двенадцати?

В конце VII — начале VI века до новой эры жил в городе Милете древний грек по имени Фалес. То ли потому, что город Милет расположен на берегу Средиземного моря, а следовательно, главное занятие его жителей — рыболовство и мореплавание, то ли по иным причинам, но Фалес Милетский утверждал, что весь мир, все вещи и существа, решительно все состоит из воды. Несколько позже другой грек — Анаксимен, живший в Афинах, заявил, что в основе всего заложен воздух. Еще позже, в V веке до новой эры, Гераклит из Эфес нашел, что все сущее — из огня. А его ученик Эмпедокл согласился со всеми тремя, но добавил к их трем первоосновам еще и четвертую — землю. Так, судя по сочинениям европейских историков науки, будто бы образовалось учение о четырех началах, четырех

элементах, из которых сложены все тела.

Но вот что любопытно: совершенно самостоятельно и, пожалуй, еще раньше европейцев до той же самой мысли о тех же самых четырех элементах додумались древние индийцы и древние китайцы.

Вероятно, ничего иного и не могло произойти: все тела могут быть либо твердыми, либо жидкими, либо газообразными. И со всеми этими тремя состояниями человек столкнулся сразу же, как только стал осознавать окружающий его мир. И естественно, что понятие о твердом веществе совпадало у него с землей — недаром в древнейших сказаниях она именовалась твердью. И так же естественно, что понятие о жидком веществе связывалось с водой, а о газообразном — с воздухом. При этом человек неоднократно наблюдал, как твердое превращается в жидкое, — соль растворяется в воде, воск тает. И как жидкое превращается в твердое — вода в лед. И как газообразный пар выпадает в виде росы и дождя. И как испаряется вода. И как многие превращения происходят с помощью огня.

Вот и получились, не могли не получиться, четыре первоначальных элемента: твердая земля, жидкая вода, газообразный воздух и еще огонь, с помощью которого одно может превратиться в другое.

Но конечно же, далеко не все, что видели вокруг себя древние греки или древние индийцы, можно было объяснить с помощью четырех первоначальных элементов. У любознательных людей возникало множество вопросов, на которые нужно было найти какой-то ответ.

Например: почему плавает рыба, если вода сплошная и в ней нет дыры величиной с эту рыбу? Не может же одна рыба раздвинуть целый океан!

Или еще: берем полчаши соли и высыпаем в чашу воды. Куда делась соль, если воды осталось столько же, сколько и было?

Или: как летают птицы, от чего отталкиваются их крылья?

И так до бесконечности… Если мир на самом деле таков, каким мы его видим, то рыбы не могут плавать, соль растворяться, птицы летать.

Значит, мир не такой, каким мы его видим?

ТРИ ЛЕГЕНДЫ ПРО ЯБЛОКО

Трудно сказать — почему, но, несмотря на существование

апельсинов, бананов, ананасов, груш, персиков, манго и прочих самых разнообразных фруктов, больше всего историй связано с яблоками.

Одна из них придумана была шумерами — древнейшими жителями Ирака: про первую женщину в мире, которая съела яблоко и стала сразу все на свете знать. (Потом эта история попала в Библию.) Вторую историю про яблоко тоже слыхали почти все: это о том, как великий английский ученый Исаак Ньютон сидел однажды в саду и смотрел на падающие яблоки, и вдруг открыл закон всемирного тяготения.

Третья история почему-то известна меньше, чем первые две. В ней речь идет о Демокрите, который жил две с половиной тысячи лет назад в Древней Греции, был знаменитым ученым, много путешествовал по западу и востоку, постиг мудрость египтян ж вавилонян и умер в своем родном городе Абдеры почти ста лет отроду.

Так вот, сидел будто бы однажды Демокрит на берегу моря в размышлял следующим образом: если я разрежу яблоко пополам, то получатся две половинки. Если я разрежу пополам половинку, то получатся две четвертушки. Если я разрежу пополам четвертушку, получатся две осьмушки. Но если я и дальше захочу резать получающиеся дольки, то до каких пор я смогу это делать?

У Демокрита не было такого инструмента, который позволил бы провести необходимый эксперимент. И Демокриту пришлось немало поломать голову, пока он не пришел к поразительному выводу, для которого, казалось бы, не имел никаких фактических оснований. Он решил, что бесконечно делить яблоко нельзя, что наступит момент, когда у него в руках останется такой кусочек яблока, который нельзя будет разрезать. Демокрит обозначил его словом «неделимый» — по-гречески это слово звучит так: «атомос».

Демокрит не сомневался, что точно так же, как яблоко, должны вести себя при делении на части и все другие тела. Он говорил: «Начало вселенной — атомы и пустота, все же остальное существует лишь во мнении… Атомы бесчисленны по величине и по множеству, носятся же они во вселенной, кружась в вихре, и таким образом рождается все сложное: огонь, вода, воздух, земля. Дело в том, что последние — суть соединения некоторых атомов. Атомы же не поддаются никакому воздействию и неизменяемы вследствие твердости».

И словно по волшебству, все мгновенно встало на свои места. Рыбы спокойно раздвигали носом атомы моря. Соль занимала пустые промежутки между атомами воды. Крылья птиц опирались на незаметные глазу атомы воздуха. И далее: атомы земли

покидали почву и переходили в траву и деревья, атомы воды покидали реку и превращались в туман, атомы огня проникали в темный камень и превращали его в блестящий металл…

Гениальная догадка Демокрита потрясла не только холодный разум мудрецов, но и пылкое воображение поэтов. Живший в I веке до новой эры римлянин Тит Лукреций Кар сочинил целую большую поэму «Де рерум натура» — «О природе вещей».

Он писал:

Из ничего даже волей богов ничего не творится.
Не пропадает бесследно ничто, но в своем разложеньи
Все возвращаются вещи на лоно материи снова…
…Запахи мы ощущаем от разных предметов,
Не замечая того, чтоб к ноздрям подступало что-либо —
Платья, затем, на морском берегу, разбивающем волны,
Влагу приемлют, на солнце же снова они высыхают.
Но каким образом влага воды в них проникла, а также
Как испарила ту влагу жара, невозможно увидеть.
Так на мельчайшие части свои распадается влага.
Их же никоим мы образом глазом не можем заметить.
Так же кольцо, что в течение долгих годов проходящих
Носишь на пальце ты, мало-помалу становится тоньше,
Капель паденье дырявит скалу, а сошник искривленный
Плуга железного тупится в пашне для глаз незаметно.
Мы замечаем, что улицы, камнем мощенные, часто
Стерты ногами толпы…

Поразительно, до чего просто объясняются загадочные явления, на которые так часто натыкается взор человека!

Но Лукреций мысленным взором пытался проникнуть еще дальше:

…Через рог фонаря протекает свободно
Свет, но не дождь. Почему? Ибо света тела основные
Мельче, чем те, из каких состоит благодатная влага.

Наш современник, лауреат Нобелевской премии по физике 1969 года Ричард Фейнман сказал в одной из своих лекций:

«Если бы в результате какой-то мировой катастрофы все накопленные научные знания оказались бы уничтоженными и к грядущим поколениям живых существ перешла бы только одна фраза, то какое утверждение, составленное из наименьшего количества слов, принесло бы наибольшую информацию? Я

считаю, что это атомная гипотеза: все тела состоят из атомов — маленьких телец, которые находятся в беспрерывном движении, притягиваются на небольшом расстоянии, но отталкиваются, если одно из них плотнее прижать к другому. В одной этой фразе содержится невероятное количество информации о мире, стоит лишь приложить к ней немного воображения и чуть соображения».

Глава третья, в которой Аристотель открывает пятую сущность, Гебер превращает ее в философский камень, а Бранд закрывает ее же с помощью холодного огня

МАГИЧЕСКИЙ КВАДРАТ

Вряд ли древние люди, независимо от того, были то китайцы, индийцы, греки или славяне, не понимали, что одна из четырех известных им сущностей — огонь — не совсем то же самое, что остальные три — земли, вода, воздух. Разумеется, они не впали еще, что огонь — просто-напросто раскаленные частицы любого вещества, соединяющегося с кислородом, о котором они, естественно, тоже еще ничего не знали. Но все же эти люди, наши далекие предки, не могли не почувствовать отличия огни от всех остальных вещей. Они понимали, что если огонь и вещество, то все же совершенно особенное. Ибо, обладай весьма явным свойством — жаром, он как будто не обладает ничем иным, кроме самого этого свойства.

Пожалуй, во всем древнем мире трудно было бы отыскать человека, в большей мере наделенного воображением и силой ума, чем живший примерно в те же времена, что и Демокрит, греческий философ Аристотель.

Он и попытался объяснить главное свойство огня.

Если главное свойство огня — теплота, думал Аристотель, то нельзя ли найти некие главные свойства у других элементов — у воды, у земли, у воздуха?

Если дотронуться до пламени светильника, то сразу ощутишь теплоту и сухость. Если протянуть руку к земле — земля окажется тоже суха, но холодна. Если к воде — пальцы ощутят тот же холод, но еще и влажность. А подняв руку в воздух, легко убедиться, что он обладает влажностью и теплотой — во всяком случае, в Средиземноморье, где жил Аристотель.

Итак: если главные свойства огня — это теплота и сухость, то главные свойства земли — сухость и холод, воды — влажность и холод, воздуха — влажность и теплота.

Разве не так отвечала природа на вопрос, заданный Аристотелем?

В ответе этом нетрудно было уловить диковинную особенность — одни и те же свойства оказались у самых непохожих элементов: сухость — у огня и земли, влажность — у воды и воздуха, холод — у земли и воды, теплота — у воздуха и огня.

Но что скрывалось за этим?

Раз сухость есть и у огня и у земли, значит, — решил Аристотель, — она входит в их состав точно так же, как влажность входит в состав воды и воздуха, холод — в состав земли и воды, тепло — в состав воздуха и огня. То есть земля, вода, огонь и воздух вовсе не простые, первоначальные основы всех вещей, а сложные, вторичные. Они сами образованы из тепла, холода, сухости и влажности, которые и есть четыре первоначальных элемента. Из них и состоит весь мир.

Получалось очень просто и красиво. В этом Аристотель убедился окончательно, когда попытался изобразить элементы в виде чертежа. Он начертил квадрат, на одной вершине которого надписал «огонь», на второй «вода», на третьей «воздух», на четвертой «земля». А внутри этого квадрата начертил еще один квадрат, вершины которого касались середины сторон большого квадрата. И над вершинами малого квадрата надписал другие четыре слова: «тепло», «холод», «сухость», «влажность». И теперь стало ясно видно: две внутренние вершины попарно обусловливают одну наружную.

Рисунок был так выразителен, что не увидеть в нем чертеж, по которому небожители конструировали природу вещей, было очень трудно!

Вспомните: «тело человече от четырь состав создано, имать бо от огня теплоту, от въздуха же студеньство…»

Не было ни одной алхимической рукописи, в которой не повторялся бы этот чертежик великого грека.

Нарисованную им картину мира признавали правильной не только в древние времена, но и в средние века, вплоть до XV и XVI веков уже нашей, новой эры все европейские народы.

Воспаленными от бессонницы и едких испарений глазами всматривались алхимики в магический квадрат, стараясь угадать, в какой пропорции следует смешать элементы, чтобы получить именно то, что им было нужно. Но на этот счет магический квадрат хранил молчание.

Правда, в сочинениях Аристотеля можно было найти упоминание о том, что кроме четырех первоэлементов, в состав каждой вещи входит еще и какая-то квинта эссенция — пятая

сущность. По-видимому, без добавки этой сущности сами по себе четыре элемента еще не могли составить никакого тела. И поэтому именно ее и следовало отыскать в первую очередь.

В сочинениях разных алхимиков эту таинственную пятую сущность называли по-разному: квинтэссенция, красный эликсир, эликсир жизни, камень мудрецов… Но чаще всего ее называли философским камнем.

Поиски философского камня продолжались еще и тогда, когда Шекспир писал «Гамлета», Магеллан плыл по Тихому океану, Галилей направлял на небо телескоп…

Но конечно, не из-за философского камня повторялся магический квадрат в книгах самых ученых людей на протяжении тысячелетий. Просто опыт тех времен соответствовал этому квадрату. Изгоняли из рассола влажность, получали соленую «землю». Добавляли влажность в соль, получали снова «воду». А при добавлении к влажности тепла получали пар — «воздух».

И еще — Аристотель понял: надо сосредоточить внимание на одинаковых свойствах различных тел, чтобы разобраться в хаосе окружающих вас вещей и явлений. А свойства — это то, что воздействует на наши ощущения, то, что мы можем увидеть, услышать, ощутить.

ОДИНАКОВОЕ В РАЗНОМ

Разумеется, в течение двух тысяч лет после Аристотеля люди занимались не только тем, что разглядывали магический квадрат и думали о природе вещей. Они пахали землю, пасли стада, строили жилища… И к сожалению, отнимали друг у друга пашни, стада, жилища и все прочие плоды труда, для всего этого требовались лопаты, топоры, мочи, копья. И надо было научиться выплавлять и обрабатывать металлы, изготовлять стекло и фарфор, находить лекарства. И делая все это, человек постепенно разбирался в окружающем. И здесь надежным маяком ему служил завет Аристотеля: искать одинаковое в разном.

Следующий после Аристотеля шаг в познании природы вещей сделал замечательный арабский ученый, живший в VIII веке, — Джабир ибн-Хайян, именуемый в сочинениях европейских алхимиков Гебером.

Джабир ибн-Хайян обратил внимание на несколько веществ, которые были известны довольно давно, и во всяком случае упоминались уже в знаменитом труде римлянина Плиния

Старшего, погибшего в 79 году н. э. при извержении Везувия. Труд Плиния назывался «Естественная история». А вещества именовались так: одно — аурум, другое — аргентум, третье — купрум, четвертое — феррум, пятое — плюмбум пигрум, шестое — плюмбум альбум, седьмое — гидраргирум. Из аурума делали драгоценные украшения и монеты. Из аргентума — то же самое, только подешевле. Из сплава купрума с плюмбумом альбум получали твердую красивую бронзу. Из феррума ковали оружие. Плюмбум нигрум шел на изготовление печатей и кровель в богатых домах. Гидраргирум — аргентовая вода — употреблялся для растворения остальных шести веществ.

У всех семи — совершенно разных по цвету, твердости, постоянству, то есть способности оставаться неизменным в течение долгого времени, и по множеству других свойств, — было три одинаковых свойства.

Первое — это особого рода блеск. Если отполировать лист из аурума или плюмбума альбум, то в нем можно было увидеть свое лицо.

Второе — пластичность. Если положить слиток из купрума или из феррума на наковальню и ударять по нему молотом, то они, не разрываясь, расплющивались. Из них можно было отковать нож или лемех.

Третье свойство было таким: если эти вещества попадали в огонь, то сначала они превращались в жидкость, а потом постепенно теряли свой блеск, теряли способность коваться и становились похожими на землю.

Именно это третье свойство не давало Джабир ибн-Хайяну покоя: с помощью магического квадрата объяснить его не удавалось никак.

В самом деле: к земле, состоящей, как известно, из сухости и холода, добавляли огонь, состоящий из той же сухости я тепла, — и получали… воду, которая должна состоять из холода и влажности. Немыслимо!

А потом к этой воде добавляли еще огня — и вместо того, чтобы превратиться в воздух, она превращалась в землю. Еще немыслимей!

Что все это могло означать?

Если при встрече с огнем купрум теряет блеск и ковкость, то не значит ли это, что блеск и ковкость представляют собой одну в притом важнейшую составную часть купрума? А другая его составная часть должна была в этом случае поддаваться действию огня.

Так должен был рассуждать Джабир ибн-Хайян, пытаясь, как это делали и до него, объяснить неизвестное через известное.

Фалес из приморского города Милета, как вы помните, «сконструировал» все вещи из воды. Эмпедокл взял еще воздух, землю и огонь. А Джабир ибн-Хайян стал искать такую вещь, которая превосходила все прочие блеском и плавкостью. И решил, что это аргентовая вода. Обладая прекрасным металлическим блеском, она не нуждалась в плавлении, потому что и так была жидкой.

У гидраргирума — ртути — было ведь и еще одно замечательное свойство: она могла растворить любой твердый металл — даже серебро, даже золото. А потом снова выделить его. Ртуть рождала металлы!

И Джабир ибн-Хайян предположил, что гидраргирум — мать всех металлов, и вознамерился найти отца — вещество, от которого зависит их, способность подвергаться воздействию огня.

Поиски шли, очевидно, по тому же пути. Какое известное тело полнее всего поддается действию огня? Масло? Но после него остается копоть. Дерево? Но после него остается зол".

Сера! — наконец догадался Ибн-Хайян. Когда сера встречается с огнем, то не остается ничего, ни единой крупицы вещества! Латинское имя серы — сульфур, то есть это существо мужского рода.

Сульфур и есть отец металлов!

Правда, воспитанный на Аристотеле, Джабир ибн-Хайян считал, что в состав металлов входят философская ртуть и философская сера, которые, в свою очередь, в наибольшем количестве содержатся в обыкновенной ртути и обыкновенной сере — как тепло содержится в огне, а влажность — в воде.

Теперь в том, что касается металлов, получалась довольно стройная и понятная каждому образованному человеку средневековья картина. Есть мать металлов — гидраргирум. Есть отец металлов — сульфур. Есть их дети — разные по степени своего совершенства. Вполне совершенные — золото, чуть попроще — серебро, совсем заурядные — олово, свинец, железо.

И чтобы очистить несовершенные металлы, надо лишь поколдовать с ртутью и серой в присутствии Пятой Сущности, о которой говорил еще Аристотель.

…Обо всем этом и писал в своей темнице Роджер Бэкон.

А современник Бэкона Базилиус Валентинус сделал эту картину еще более стройной и понятной.

Повторяя учение не очень еще известного в Европе таджика Абу Али ибн-Сины, или, как он писал, Авиценны, Базилиус Валентинус указал на третью составную часть металлов. Ту самую, которая остается, когда после встречи металла с огнем

исчезают и ртуть и сульфур, и которую мы теперь называем окалиной. Эту тусклую, рассыпчатую часть тогда обычно называли просто землей — медной землей, если она получалась из меди, свинцовой землей, если обжигу подвергался свинец, и так далее. А еще их называли металлическими известками по аналогии со жженой известью, которая получалась при обжиге мела.

У металлических земель было одно общее свойство — они растворялись в воде и в кислотах. Вот на него-то и обратил внимание Ибн-Сина, а за ним Базилиус Валентинус. И они стаям искать среди известных им веществ такое, которое растворяется лучше всего. И нашли.

В состав металлов, кроме ртути и серы, — объявил Базилиус Валентинус, — входит еще соль. Конечно, не просто поваренная соль. И не селитра, из которой брат Роджер пригото вил огненное зелье — порох. Нет, образованный человек такого подумать не мог. В состав металлов входит философская соль!

Теперь с металлами все вроде бы и объяснялось.

Но великолепная конструкция природы вещей, вычерченная в виде магического квадрата Аристотелем, потеряла свою простоту и красоту.

Судите сами: к теплоте, влажности, холоду, сухости прибавились металличность, обжигаемость, растворимость. Причем было видно, что обжигаемость и растворимость — сера и соль — входят в состав вовсе не одних только металлов. Разве можно, например, назвать металлом селитру? Значит, все тела состоят из четырех Аристотелевых элементов и трех новых начал? Но тогда получается неизбежная путаница. Если тепло и сухость образуют огонь, то при чем тут сера? Если холод и влажность образуют воду, то какое отношение к ней имеет соль? И если воздух — сложное тело, состоящее из влажности и тепла, то куда деваются исчезающие при обжиге металлов ртуть и сера?

Чем больше новых веществ получали алхимики — сплавов, кислот, щелочей, земель, лекарств, красок, — тем больше путаницы обнаруживалось в некогда стройных теориях.

И эту путаницу кто-то должен был распутать.

"ПОСТОЯННЫЙ НОЧНОЙ СВЕТИЛЬНИК, ИНОГДА СВЕРКАЮЩИЙ, КОТОРЫЙ ДОЛГО ИСКАЛИ И НАКОНЕЦ НАШЛИ"

К путанице в теориях добавлялась и путаница в практике — постоянные неудачи всех попыток найти философский камень в сделать золото.

Если в былые времена никто толком не знал, что творится в таинственных монастырских кельях, где колдуют над своими тиглями алхимики, то в XVII веке, когда существовали многочисленные аптеки, красильни, пробирные палаты, пороховые мануфактуры, любая неудача с превращением металлов быстро получала огласку.

Огромнейшее впечатление на ученый и неученый мир произвела история с разорившимся гамбургским купцом Геннингом Брандом.

На остатки денег Бранд устроил неплохую лабораторию и засел за сочинения Гебера, Авиценны, Базилиуса Валентинуса, Роджера Бэкона.

Он работал методически. Все рецепты получения философского камня разделил на три сорта. Третий сорт — рецепты темные, в которых понять что-либо не было никакой возможности. Вроде такого, приписываемого греку Зосиме, жившему в IV веке: "Вот тайна! Змея, пожирающая свой хвост, состав, поглощенный и расплавленный, растворенный и сброженный. Он становится светло-зеленым и переходит в темно-зеленый цвет. От него происходит красный цвет киновари. Это киноварь философов. Его чрево и голова желты, его голова темна и зелена. Его четыре ноги — четыре стихии. Его три уха — поднявшиеся лары.

О, мой друг! Приложи свой ум к этому и ты не впадешь в ошибку!"

Прикладывать свой ум к подобным рецептам Геннинг Бранд и не пытался.

Вторым сортом он считал рецепты изготовления философского камня из ртути и сульфура. Вроде того, что имелся в "Зеркале алхимии" Роджера Бэкона: "Возьми белую, светлую, чистую, не вполне совершенную ртуть, смешанную равномерно в должных пропорциях с подобной ей серой, высуши в твердую массу, очищай и совершенствуй огнем, и она станет в тысячу раз чище и совершенней, чем обыкновенные тела, сваренные естественной теплотой".

Бранд был сведущим во многих ремеслах человеком и знал, что из ртути и серы ничего, кроме красной краски киновари, не получишь, как ее ни очищай.

Поэтому проверять он решил лишь те рецепты, которые относил к первому сорту: рецепты получения философского камня из веществ человеческого организма.

Философский камень — сила таинственная и необычайно тонкая. А что может быть таинственней и тоньше, чем жизнь? И еще, многие мудрецы считали, что философский камень и жизненный эликсир — одно и то же. Значит, он должен, пусть в самом небольшом количестве, содержаться в живом теле.

Бранд не поленился и не побрезговал — набрал целый пивной котел мочи и стал ее выпаривать. Когда после нескольких дней выпаривания на дне котла осталось немного гущи, Бранд усилил жар.

Гуща стала белеть и вдруг воспламенилась, и клубы белого дыма поднялись над котлом. Что бы это такое могло гореть? Надо было срочно повторить опыт и попытаться собрать это странное белое вещество.

Через несколько дней Бранд получил новую порцию гущи и принялся подогревать ее в реторте.

Вскоре в приемнике реторты скопилось что-то белое. Геннинг Бранд потрогал это "что-то" пальцем — на ощупь оно напоминало воск. Понюхал — и почувствовал слабый запах чеснока. Лизнул — на вкус вещество было довольно-таки противным.

Бранд положил странный воск в чашку и поспешил из

лаборатории, чтобы показать его кому-нибудь из домашних.

Когда он вошел в тускло освещенную гостиную — в доме экономили свечи, — поднявшаяся ему навстречу жена вдруг пошатнулась и упала в кресло.

— Что с тобой? — испугался Геннинг Бранд.

— С тобой что? — простонала жена.

Бранд не понял.

— Волосы! — шепнула она.

Брандт подошел к зеркалу и застыл и изумлении. Его голова светилась дьявольским зеленым огнем!

— Руки! — послышался шепот жены.

Бранд посмотрел на ладони — и от них исходило такое же сияние.

— Мы спасены! — закричал купец-алхимик. — Я нашел философский камень!

Всю ночь и следующие сутки, ни на минуту не смыкая глаз, Геннинг Бранд бросал кусочки "философского камня" и кипящую ртуть, смешанную с серой, и в расплавленный свинец, и в расплавленное олово. Он перепробовал все мыслимые комбинации твердых металлов, гидраргирума и сульфура. Но ртуть оставалась ртутью, серебро серебром, медь медью, свинец свинцом, олово оловом.

Нет, холодный огонь не был философским камнем. Но Бранд не пришел от этого в отчаяние. Он был купцом и отлично знал, что в золото могут превращаться любые вещи и без всякой алхимии.

Через месяц в Гамбурге открылось новое невиданное и неслыханное производство, разумеется, строго засекреченное. Ни один алхимик не мог проникнуть в лабораторию Бранда — что, впрочем, никого и не удивляло: в те времена почти любое производство было окутано глубокой тайной.

Поражающее воображение современников светопоеное вещество Геннинг Бранд продавал маленькими порциями на вес золота. Даже дороже. Некоторые лица — среди них и знаменитые ученые — просили Бранда раскрыть его секрет. Иногда он соглашался — за немалые, конечно, деньги.

В 1676 году, через семь лет после открытия холодного огня, профессор Виттенбергского университета Каспар Кирхмейер впервые описал повое вещество в статье под названием "Постоянный ночной светильник, иногда сверкающий, который долго искали и наконец нашли".

Многие пытались самостоятельно раскрыть секрет получения драгоценного "постоянного светильника" — фосфора. Первым добился успеха англичанин Роберт Бойль, которому один из

людей, купивших секрет Бранда, намекнул, что источник холодного огня — нечто присущее человеческому голу. Этого намека оказалось достаточно, чтобы через две недели Бойль составил секретный отчет Королевскому обществу с подробным описанием процесса получения нового вещества.

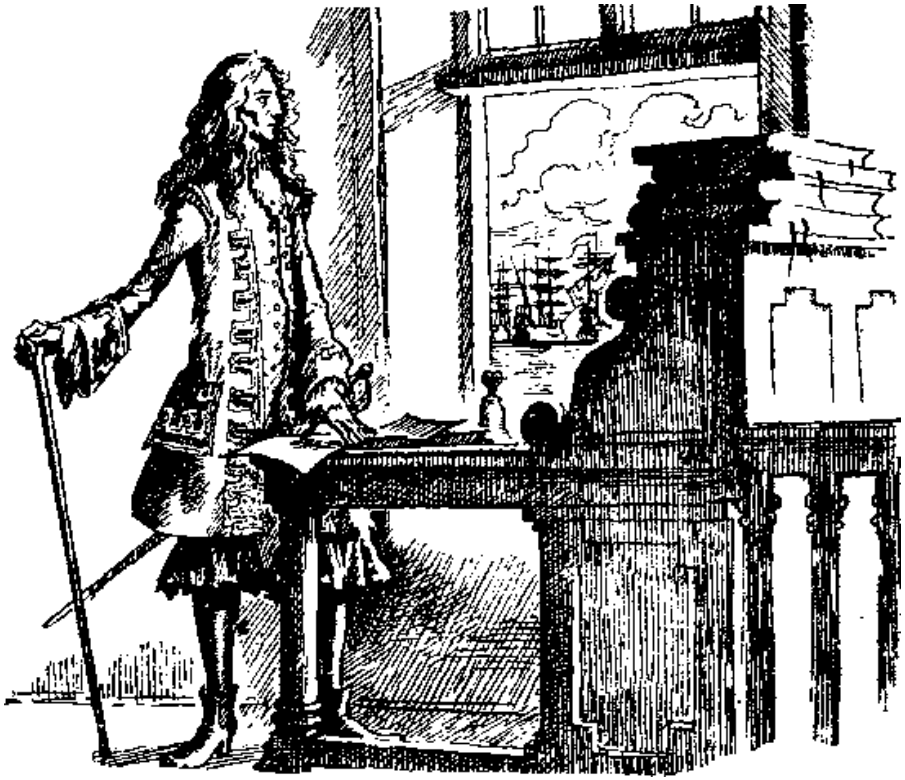
Открытие фосфора было одним из сильнейших ударов, разрушавших надежды на получение философского камня. Уж если такое замечательное светоносное вещество оказалось не в силах совершенствовать металлы, то чего еще можно было ждать?

Неудачи практики не могли не пошатнуть веры в правильность теории, к тому же изрядно запутанной.

Эпоха безраздельного господства идей Аристотеля о природе вещей кончалась. Начиналась эпоха сомнений. Возможно ли вообще превращение одного элемента в другой?

Часть вторая
СОМНЕНИЕ

Глава первая
в которой место философского камня занимает невидимка флогистон



ХИМИК-СКЕПТИК

Роберт Бойль; седьмой сын графа Корка, был не чета случайно открывшему фосфор гамбургскому купцу-алхимику Бранду. Один из директоров самой гигантской из когда-либо существовавших в мире купеческих компаний — Ост-Индской. Роберт Бойль был одновременно знаменитым физиком и химиком — первым президентом Лондонского королевского общества.

Надо думать, что если бы Роберт Бойль не был в достаточной мере деловым человеком, то ему бы не доверили Ост-Индской компании — он бы немедленно разорился сам и разорил всех совладельцев. И в делах науки Бойль тоже был человеком практическим. Вот как он сам про себя написал: "Я привык рассматривать мнения, как монеты. Когда мне в руки попадает монета, я обращаю гораздо меньше внимания на имеющуюся на ней надпись, чем на то, из какого металла она сделана…"

Между прочим, в те времена бумажных денег не было, монеты делались из золота и серебра, и только самые мелкие

разменные монетки — из меди. Ценность каждой монеты на самом деле зависела только от того, сколько в ней драгоценного металла.

"…Мне совершенно безразлично, — писал далее Роберт Бойль, — вычеканена она много лет или столетий назад или только вчера оставила монетный двор. Столь же мало я обращаю внимание на то, иного или мало рук она прошла до меня, если только я на своем пробирном камне установил, настоящая она или фальшивая, достойна она быть в обращении или нет. Если после тщательного исследования я нахожу, что она хороша, то тот факт, что она долгое время и многими не принималась за настоящую, не заставит меня отвергнуть ее. Если же я нахожу, что она фальшивая, то ни изображение и подпись монарха, ни возраст ее, ни число рук, через которые она прошла, не заставит меня принять ее: и отрицательный результат от одной пробы, которой я сам подверг ее, будет иметь для меня гораздо больше значения, чем все те обманчивые вещи, которые я только что назвал, если бы все они доказывали, что она не фальшивая".

О каких обманчивых вещах идет речь, станет понятно, когда мы назовем книгу 35-летнего Роберта Бойля, из которой взяты эти слова. Книга эта — "Скептик-химик, или Рассуждение об экспериментах, которые приводятся обыкновенно в доказательство четырех элементов и трех химических начал в смешанных телах". Монетами, которые ученый подверг испытанию и признал фальшивыми, оказались "прошедшие много рук" и в течение двух тысяч лет признававшиеся истинными учения Аристотеля, Джабира ибн-Хайяма, Абу Али ибн-Сины.

А испытывал он их так.

Брал горшок земли и взвешивал эту землю. И записывал: "земля — четыре фунта, семь золотников, два с половиной грана".

Затем брал тыквенное семечко и сажал в горшок.

Затем приказывал своему ассистенту аккуратно поливать водой землю в этом горшке. (Ассистентом у него был знаменитый впоследствии Роберт Гук — первым увидевший в микроскоп, что все живые ткани состоят из клеток.)

Время шло, семечко прорастало, превращалось в растение, которое зацветало и давало плод. Когда тыква вырастала, Бойль срезал ее, а землю снова взвешивал. Гирьки оказывались теми же четыре фунта, семь золотников а два с половиной грана.

Где же ртуть, где сера, где соль? — торжествующе спрашивал испытатель. Земля не израсходована, расходовалась только вода. Значит, тыква состоит из одной воды, а теория трех химических начал фальшива!

Каждое тело можно разложить на его составные, далее

неразложимые части, — говорил Бойль. Они-то и есть элементы, Элементарны не свойства, а вещества. Не потому золото — золото, что оно золотого цвета, тяжелое и нерастворимое. А потому нерастворимо, потому тяжелое, потому золотого цвета, что оно — золото. И все попытки получить золото, смешивая вещества такого же цвета с веществами такой же тяжести, — бессмысленны.

Только эксперимент может удостоверить, какое вещество сложно, а какое элементарно. Вот, например, вода. Разложить ее на какие-либо более простые вещества не удается. Значит, вода — элемент.

Может показаться, что Роберт Бойль возвратился к Фалесу Милетскому. Но на самом деле он ушел далеко вперед. Ведь для Фалеса такого понятия, как проверка на опыте, вообще не существовало.

Почему же так правильно мысливший Роберт Бойль, восстановив в своих правах вещество и опровергнув первоначальную, элементарную сущность свойств, сам не смог назвать те элементарные вещества, которые к его времени уже были выделены людьми — золото, серебро, медь, железо, ртуть, олово, свинец, сурьму, цинк, мышьяк, углерод, серу, фосфор, висмут? Почему вместо них он возвел в сан элемента сложное вещество — воду?

Потому, что у Роберта Бойля не было средства узнать, какое вещество на самом деле простое, а какое состоит из других простых веществ.

"ЖИРНАЯ ЗЕМЛЯ" ИОГАННА БЕХЕРА

В 1673 году, через четыре года после того, как гамбургский купец Геннинг Бранд вместо философского камня нежданно-негаданно изготовил таинственный холодный огонь, магистрат голландского города Гааги получил заманчивое предложение: изготовлять золото из песка. Не из золотоносного, привезенного из Индии или Африки, а из самого обыкновенного, на котором стоит чуть не вся Голландия.

Несмотря на то, что предложение поступило от Иоганна Иоахима Бехера — человека весьма и весьма известного, успевшего к тому времени побывать и профессором медицины в Майнце, и главным финансовым советником в Вене, — гаагские бюргеры проявили осторожность и не торопились с ответом.

Бехер обиделся и поехал в Амстердам, где в это время находился король, чтобы предложить ему свое изобретение. Но и король тоже проявил осторожность.

Что поделаешь — время безрассудной веры прошло, пришло время скептиков.

Не обнаружив у голландцев энтузиазма, Бехер собрался уже было покинуть Нидерландское королевство, когда его познакомили с гостившим в Амстердаме немецким принцем Германом Баденским. Сильно порастратившийся за рубежом, принц проявил к предложению Бехера самый пылкий интерес. И тут, как это часто бывает, зашевелились и голландцы. Чем черт не шутит, а вдруг их родной голландский песок и в самом деле превратится в баденское золото? Это было бы чрезвычайно обидно! И амстердамские толстосумы выдали Бехеру изрядное количество талеров на постройку фабрики.

Дело закипело. На одной из речек вблизи побережья, состоящего целиком из отличного золотистого песка, начали строить водяную мельницу с огромным водяным колесом.

Насчет таких дел Бехер был большой мастер: еще в Майнце он обещал построить тамошнему курфюрсту вечный двигатель я, говорят, почти построил, но, к сожалению, курфюрст за что-то разгневался на профессора, и Бехеру пришлось покинуть город, не закончив своих трудов…

Каждый понимал, что делать золото из обыкновенного песка не так-то просто. Поэтому Бехера не очень торопили. Все же на исходе пятого года пребывания его в гостеприимном королевстве терпение и талеры хозяев стали подходить к концу, и Бехеру пришлось показывать товар лицом.

И тогда Иоганн Иоахим Бехер в присутствии городских властей Амстердама выплавил из песка немного золота! Обрадованные голландцы тут же выдали изобретателю большую награду, а также новую порцию талеров на завершение строительства фабрики. Но через несколько недель Бехер тайно покинул Нидерландское королевство и бежал в Лондон…

История знает немало всяческих плутней, и если бы Иоганн Иоахим Бехер ограничился в своей жизни только такими проделками, как та, о которой здесь рассказано, то вряд ли он остался бы в человеческой памяти надолго.

Но Бехер этим не ограничился.

Он составил первый в мире международный язык и 10000 слов — предшественник теперешнего эсперанто.

Он научил немецких крестьян выращивать диковинное американское растение — картофель.

Он строил стекольные, бумажные, шелковые фабрики.

Он создал лучшую на континенте химическую лабораторию.

Но самое главное: он написал замечательную книгу "Физика субтерранеа" — "Подземная физика".

Если Аристотель считал, что все может превращаться во все с помощью квинтэссенции, если Джабир ибн-Хайян считал, что металлы могут превращаться друг в друга с помощью философского камня, то Иоганн Иоахим Бехер заявил, что превращение одних веществ в другие зависит от содержания в них "жирной земли".

Все вещества он разделил на две группы. Одну группу составляли такие, которые эту жирную землю содержали. Другую группу составляли вещества, которые эту жирную землю потеряли.

Но как узнать, есть в том или ином веществе жирная земля или ее нет? Очень просто! Бросьте вещество в огонь. Если горит — значит, еще есть. Если не горят — значит, уже нет.

И приводил главный пример: сера, которая считалась одним из трех химических начал, на самом деле сложное вещество — она состоит из жирной земли и купоросного масла. Купоросным маслом называли тогда серную кислоту.

Итак, сера оказалась не химическим началом, не элементом. А вместо философского камня появилась жирная земля…

Далеко не сразу разобрались читатели "Подземной физики", что означают для науки эти внесенные Бехером перемены. Но через несколько десятилетий его идеи были оценены в полной мере. Это произошло в 1667–1703 годах, когда Георг Эрнест Шталь, ученик и последователь Бехера, создал и обнародовал теорию невидимого вещества флогистона — от греческого слова "флогистес" — "горящий".

И тогда впервые появилась возможность на основании опыта наглядно показать, какое вещество — простое, какое — сложное.

СТРОЙНОСТЬ И КРАСОТА

Сам Аристотель, будь он жив, не мог бы нарадоваться на стройность и красоту шталевской природы вещей, обнимавшей и объяснявшей с чрезвычайной простотой чуть ли не все накопленные за всю человеческую историю факты превращения одних тел в другие.

Все на свете Шталь объяснял только тем, что существует флогистон — чрезвычайно тонкая материя, которая под

действием огня может переходить, переливаться из одного вещества в другое.

Вы взяли кусочек серы и сожгли. Что произошло? Извольте, Флогистон покинул серу и растворился в воздухе. А оставшийся желтый дым это кислый воздух, который можно соединить с водой и получить сложное вещество — купоросное масло.

Почему нельзя сжечь полностью весь кусочек серы в запаянном сосуде? Извольте. Потому что флогистон растворяется в воздухе. Но воздух, находящийся в запаянном сосуде, способен растворить лишь ограниченное количество флогистона. Поэтому остальной флогистон не имеет возможности уйти из серы.

Вы взяли кусочек свинца, положили в реторту, носик ее заплавили и принялись реторту нагревать. Часть свинца превратилась в красную землю. Что произошло? Да в принципе то же самое, что и с серой. Часть флогистона, бывшая в свинце, растворилась в воздухе. Почему только часть — вы уже знаете.

Все это примеры разложения сложных веществ серы и свинца в простые вещества — флогистон, кислый воздух, свинцовую землю. Если угодно, можете назвать кислый воздух дефлогистированной серой, а свинцовую землю — дефлогистированным свинцом.

Так же просто можно было объяснить и другие превращения: простых веществ в вещества сложные.

Вы взяли уголь и свинцовую землю, смешали их и положили в реторту. Теперь нагревайте. Уголь стал тлеть, а серый порошок превратился в блестящий шарик свинца. Что произошло? Да только то, что флогистон из угля — необычайно богатого флогистоном тела — перешел в свинцовую землю, и из двух простых тел флогистона и свинцовой земли образовалось одно сложное — свинец.

Удивительно простой и изящной оказалась природа вещей!

К тому же теория флогистона, как и полагается хорошей теории, не только объясняла известные факты, но и давала возможность предсказывать новые.

Вот заурядный для эпохи флогистона случай с русским химиком Товием Егоровичем Ловицем. В 1785 году ему было поручено найти способ очистки виннокаменной кислоты. Для красильного дела нужны были совершенно бесцветные кристаллы, а из раствора выпадали кристаллы темные.

Ловиц рассуждал так: виннокаменная кислота способна гореть — значит, в ней есть флогистон. Уж не он ли делает ее темной? Надо попытаться очистить ее от флогистона.

Как? Нужно найти тело, которое было бы более жадным до флогистона, чем виннокаменная кислота.

Какое именно?

Ловиц остановился на древесном угле. Ведь если его нагревать, то он далеко не сразу отдает свой флогистон, значит, жаден до него.

Темные кристаллы виннокаменной кислоты растворили в воде и туда же бросили толченого угля.

Прошло немного времени — и раствор стал прозрачным.

Так с помощью теории флогистона было открыто замечательное свойство угля впитывать различные примеси. Свойство, которое было применено впоследствии во многих пищевых и прочих химических производствах, а во время первой мировой войны — в противогазах, спасших тысячи и тысячи человеческих жизней…

Почему такая странная и неверная с нашей точки зрения идея, как введение в научный обиход несуществующего вещества — флогистона, продержалась целое столетие и помогало при этом совершать новые открытия?

Да потому же, почему продержалось две тысячи лет учение Аристотеля о несуществующих четырех элементах.

В этих учениях в неверной форме были выражены некоторые совершенно правильные вещи.

Аристотель верно подметил, что разные вещества имеют некоторые одинаковые свойства и догадался, что они зависят от внутреннего строения, от состава этих разных веществ.

А Бехер и Шталь верно подметили, что превращение одних веществ в другие зависит от их взаимодействия друг с другом при нагревании. И еще — что существуют два типа превращений: одни идут с выделением тепла (флогистон уходит), а другие — с поглощением тепла (флогистон приходит). И еще — что превращение металлов в земли сродни горению угля или серы. И еще — что при превращении земель в металлы, к землям присоединяется нечто отнимаемое от угля.

Но, может быть, самое притягательное в теории Бехера и Шталя заключалось в следующем: флогистон прекрасно объяснял природу вещей, не оставляя в ней места ни для Аристотелевых четырех элементов, ни для алхимических трех начал, ни для квинтэссенции, ни для философского камня. Только реальные вещества, с которыми человек имел дело, и одна-единственная тонкая материя — вот и все, что составляло весь способный к взаимным превращениям мир!

Теперь, чтобы остались одни лишь реальные вещества, нужно было избавиться от одной-единственной подпорки, одного-единственного костыля — флогистона. Но, разумеется, должно было пройти немало времени, пока наиболее проницательные

исследователи поставили перед собой такую задачу.

Глава вторая, в которой Ломоносов оспаривает Бойля и Шталя

ФЛОГИСТОН И ТЕПЛОРОД

Первым ученым, отказавшимся от флогистона, был Михаил Васильевич Ломоносов.

Впрочем, сначала Ломоносов занялся не флогистоном, а другой тонкой материей.

Дело в том, что если у химиков, занимающихся превращением веществ, остался в середине XVIII века только флогистон, то у физиков, изучающих свойства и различные формы движения тел, разных тонких материй было более чем достаточно. Самая живучая из них — эфир — дожила до XX века, ее проходил в школе еще автор этой книги. Эфир считался такой невесомой "жидкостью", с помощью которой очень удобно объяснялись удивительные свойства света, с одной стороны, распространяющегося по прямой, а с другой, способного огибать непрозрачные предметы, когда они очень малы.

Столь же удивительным, как свет, казалось в XVIII веке и тепло. Для того чтобы объяснить, например, каким образом оно передается от нагретого тела к более холодному, тот же Роберт Бойль прибегал к тонкой материи, именуемой теплородом, или теплотвором, Это ведь очень удобно: в нагретом теле больше теплорода в холодном меньше — вот он и переходит в холодное, как вода перетекает из более высокого сосуда в тот, что расположен пониже.

В сущности, теплород был чем-то вроде движущей силы флегистона. Однако если флогистон без теплорода существовать не мог, то теплород без флогистона обходился легко и просто: переходя из печки в горшок с супом, он только нагревал суп, но не превращал его ни во что иное…

ОПРОВЕРЖЕНИЕ РАССУЖДЕНИЕМ

Первая работа Ломоносова, посвященная этому предмету,

датируется 1745 годом. Она так и называлась — "Размышления о причине теплоты и холода".

"В наше время, — указывал Ломоносов, — причина теплоты приписывается особой материи, называемой большинством теплотворной… Это мнение в умах многих пустило такие могучие побеги и настолько укоренилось, что можно прочитать в физических сочинениях о внедрении в поры тела названной выше теплотворной материи, как бы притягиваемой каким-то любовным напитком; и наоборот — о бурном выходе ее из пор, как бы объятой ужасом. Поэтому мы считаем нашей обязанностью подвергнуть эту гипотезу расследованию…"

Откуда берется тепло?

Опыт подсказывал:

"…Теплота возбуждается движением: от взаимного трения руки согреваются, дерево загорается пламенем: при ударе кремня об огниво появляются искры; железо накаляется докрасна от проковывания частыми и сильными ударами…"

Все это Ломоносов видел не раз собственными глазами. Но как было увидеть, что именно происходило при этом?

Увидеть было нельзя, но понять — можно. А первый намек на

истину содержался в замечательных словах Демокрита: "Обыкновенно мы говорим о сладком и горьком, о теплом и холодном, о цвете и запахе, в действительности же существуют атомы и пустое пространство".

Нельзя сказать, что учение Демокрита об атомах было забыто. Нет, об атомах помнили. Только не знали, к какому делу их приставить. Потому что было совершенно непонятно, как совместить наличие атомов, которых, как учил Демокрит, неисчислимое множество сортов, с наличием четырех элементов Аристотеля. Если весь мир состоит из нескольких элементов, то как он может состоять из множества сортов атомов — тогда и сортов атомов должно быть всего несколько?

Так порознь и существовали в умах ученых людей атомы и элементы.

Роберт Бойль, например, весьма скептически относясь к элементам алхимиков, скептически относился и к идее о небольшом количестве изначальных элементов вообще.

А в атомы он верил. Атомы жидких тел представлялись ему находящимися в беспрестанном движении, атомы твердых тел — неподвижными. Промежутки же между атомами, по мнению Бойля, были заполнены тонкой материей.

Но что, если никакой тонкой материи нет? — размышлял Ломоносов. — А есть лишь атомы и пустота? И атомы эти — не только жидких, но и твердых тел — могут двигаться?

Тогда и трение, и частые, сильные удары молота — все это подстегивает атомы, они движутся внутри тел все быстрее и быстрее, а мы ощущаем это ускорение движения атомов как нагревание вещества, из них составленного, а замедление — как охлаждение.

А когда мы наблюдаем, как нагретое тело передает тепло холодному, то на самом деле в это время частицы одного вещества передают частицам другого вещества свое движение.

При чем же тут, теплород?

ОПРОВЕРЖЕНИЕ ОПЫТОМ

В XVI или даже в XVII веке, опровергая теплород, можно было ограничиться одними рассуждениями. Но в XVIII веке рассуждения полагалось подкреплять опытами. Тем более, что гипотеза о теплороде имела свои опытные подтверждения, в том числе широкоизвестным экспериментом знаменитого Роберта

Бойля.

В 1673 году Бойль поставил такой опыт: в запаянной реторте стал нагревать кусок свинца. Через два часа часть свинца превратилась в красную землю. Бойль отломил запаянный кончик реторты и услышал, как в нее с шумом ворвался воздух. Взвесив вещество, находящееся в реторте, он обнаружил, что превратившийся в землю свинец потяжелел на 8 гранов. Эту прибыль в весе он приписал теплороду, мельчайшие частицы которого сумели проникнуть через стекло в запаянную реторту.

В отличие от Бойля, Ломоносов взвешивал реторты со свинцом до и после прокаливания заплавленными и никакого прибавления в весе ни на единый гран ни в одном случае не обнаружил, хотя часть свинца в реторте и превращалась в красный порошок.

Вес порошка вместе с оставшимся в прежнем виде свинцом действительно увеличивался по сравнению с первоначальным, до обжига. Но недаром ведь писал Бойль о шуме, с которым врывался в реторту воздух, как только обламывали ее запаянный конец. Это значило, что количество воздуха в реторте во время прокаливания уменьшилось. Куда же ушел воздух? Весы неумолимо и бесстрастно свидетельствовали — в красный порошок.

И в 1756 году в отчете адъюнкта Санкт-Петербургской императорской академии наук Михайлы Ломоносова появилась запись:

"Между разными химическими опытами, коих журнал на 13 листах, деланы опыты в заплавленных накрепко сосудах, чтобы исследовать, прибывает ли вес металлов от чистого жару. Оными опытами нашлось, что славного Роберта Бойля мнение ложно, ибо без пропущения внешнего воздуха вес сожженного металла остается в одной мере".

Теплорода, а вместе с ним и флогистона — тонких материй огня — не стало. Остались только частицы свинца и частицы воздуха.

Но не следует думать, что сразу же после опытов Ломоносова от флогистона отказались все химики мира. Этого не случилось.

И не только потому, что отчеты Российской академии наук читали далеко не во всем мире.

Главное было в другом. Уже Шталь понимал, что опыт Бойля противоречит теории флогистона — ведь у Бойля вес земли был больше веса свинца, значит, что-то пришло, а не ушло! Но и Шталь, и другие ученые отмахивались от этого опыта, как и от некоторых других, противоречащих флогистонной теории.

Отмахивались потому, что эта теория прекрасно объясняла сотни и тысячи прочих опытов и процессов.

А один из ярых сторонников теории Шталя сумел объяснить даже прибавку в весе, полученную Бойлем. Он объявил, что флогистон имеет… отрицательный вес! Таким образом, замечательный опыт Бойля, который мог бы послужить доказательством наших сегодняшних представлений о химических взаимодействиях веществ, дважды послужил доказательством существования несуществующего: первый раз — теплорода, второй раз — флогистона…

Так или иначе, но еще по крайней мере пол века флогистон безраздельно царил в химии.

Глава третья, в которой Блэк, погнавшись за флогистоном, ловит углекислый газ, Кавендиш, погнавшись за водородом, ловит флогистон, а Пристли, изгнав флогистон из воздуха, ловит кислород

ОШИБКА ДЖОЗЕФА БЛЭКА

В то же примерно время, когда адъюнкт Михайло Ломоносов в Петербурге делал в накрепко заплавленных сосудах свои опыты, доказавшие, что в природе не существует никакого флогистона, профессор Джозеф Блэк в шотландском городе Глазго делал другие опыты, которые должны были доказать существование флогистона, и не только доказать, а и поймать его в чистом виде.

Вообще говоря, можно было предпринять попытку выделить флогистон из угля, или из серы, или даже из железа. Но у Блэка были серьезные причины попытаться выделить его из магнезии — белого порошка, похожего на соду.

Дело в том, что как раз в это время некая миссис Стефенс согласилась за 5000 фунтов стерлингов раскрыть секрет найденного ею лекарства от камней в почках. В напечатанном в "Лондонской газете" описании этого лекарства было сказано, что оно состоит из порошка, отвара и пилюль. И что порошок, в свою очередь, состоит из яичной скорлупы и улиток, прокаленных в течение восьми часов; а чтобы получить отвар, нужно варить зеленую ромашку, укроп, петрушку и репейник с мылом и медом; а пилюли надлежит делать из прокаленных улиток, обугленных семян сурепки, репейника, шиповника, овса и также из мыла и меда…

Знакомые Блэку врачи не очень поверили в такую пропись. Но вместе с тем лекарство миссис Стефенс было гораздо менее едким, чем рекомендуемые тогдашними медиками, и этим привлекало больных. Применявшиеся тогда в медицине средства против камней в почках получали из мягких щелочей — соды и поташа, которые варили с гашеной известью. А известь получали из едкой извести, которую изготовляли обжигом известняка.

Согласно флогистонной теории, известняк, как и земля, был простым веществом. При обжиге известняка флогистон переходил

в него из огня, поэтому жженая известь и становилась едкой. А во время варки едкой извести с содой или поташем флогистон из извести переходил в мягкие щелочи и делал их тоже едкими.

Во время одного из таких переходов Блэк и рассчитывал выделить флогистон. Но поскольку щелочи, изготовленные из поташа и соды, были слишком едкими, а врачи просили Блэка найти что-нибудь помягче, он решил заняться щелочью, изготовленной из магнезии.

Обыкновенные мягкие щелочи — сода и поташ — отличались тем, что при добавлении к ним купоросного масла пли соляного спирта (серной или соляной кислоты) начиналось бурное вскипание. Блэк бросил щепотку мягкой магнезии в стакан с кислотой и увидел, что порошок быстро растворяется с бурным выделением воздуха. Значит, в порошке флогистона не было — именно так, с бурным выделением воздуха, растворялись в кислотах все мягкие, дефлогистированные щелочи.

Теперь надо было ввести в мягкую магнезию флогистон. Блэк отвесил порцию порошка, ссыпал в тигель, поставил его на сильный огонь.

Когда обжиг закончился и жженая магнезия остыла, Блэк аккуратно, стараясь не потерять ни пылинки, взвесил ее. Порция уменьшилась на восемь гран. Куда они делись?

Он раздумывал несколько дней. А потом ссыпал жженую магнезию в кислоту (никакого вскипания при этом, естественно, не произошло) и принялся добавлять туда соды до тех пор, пока белые хлопья мягкой магнезии не перестали выпадать. Затем отфильтровал их и высушил. Теперь весы должны были показать — правильна ли догадка?

Пинцетом, одну за другой, положил он на чашечку маленькие разновески. Так он и думал: мягкой магнезии ровно на восемь гран больше. Вот она, пропажа!

Откуда пришли эти восемь гран? Ясно откуда — из соды. Восемь гран из соды — это воздух, который ушел из мягкой магнезии, когда она кипела в кислоте, воздух, о котором говорил еще знаменитый алхимик Ян Баптист ван Гельмонт. Он получал его при обжиге мела и при брожении вина. Он назвал его газом — то ли по названию прозрачной шелковой ткани из арабского города Газы, то ли от греческого слова "хаос". Второе вероятнее, так как ван Гельмонт писал, что газы — это вещества, "которые не могут быть ни сохранены в сосудах, ни превращены в видимое тело".

Блэк дал газу свое название — "фиксируемый воздух", то есть воздух, который могут удерживать щелочи.

После опытов Блэка с белой магнезией стало ясно: мягкие

щелочи отнюдь не элементарны. Они сложнее, чем едкие щелочи, поскольку состоят из едких щелочей плюс фиксированный воздух. А флогистон тут ни при чем. При обжиге известняка или магнезии в них ничто не входит из огня, наоборот — огонь изгоняет фиксируемый воздух, смягчающий известь и магнезию.

Таким образом, в то же примерно время, когда Ломоносов доказал, что обжиг металлов есть соединение металлов с частицами воздуха, Блэк доказал, что обжиг мягких щелочей — ото их разложение на едкие щелочи и фиксированный воздух. И Ломоносов, и Блэк с помощью весов прекрасно объяснили эти реакции, не прибегая к тонким материям.

Из их опытов следовало: под маской флогистона скрывались газы.

Нет ничего неестественного в том, что из четырех первичных элементов Эмпедокла сперва более подробно были изучены земля и вода, или, иными словами, — твердые тела и жидкости. И еда, и одежда, и жилье, и орудия труда, и оружие — все это камень, дерево, металл, все это твердь, с этим сталкиваешься на каждом шагу. Достаточно знакомы человеку жидкости — он пьет, умывается, стирает, плавает, — и он стал пристально изучать свойства воды, кислот, щелочей, спиртов и других льющихся веществ.

Немудрено, что тела газообразные, которые в жизни человека были менее заметны, обратили на себя внимание гораздо позже, чем твердые и жидкие. Но теперь настало их время.

Вместо тонкой материи — флогистона в опытах Ломоносова и Блэка главными действующими лицами оказались атмосферный воздух и фиксируемый воздух, позже названный углекислым газом.

И вся вторая половина XVIII века прошла в химии под знаком воздуха, или, вернее, воздухов — этих вездесущих, невидимых, но зато весомых, а следовательно, вполне реальных веществ.

ОШИБКА ГЕНРИ КАВЕНДИША

Джозеф Блэк, погнавшись за флогистоном, поймал углекислый газ. Другой англичанин, Генри Кавендиш, погнавшись за водородом, поймал флогистон. Вот как это произошло.

Собственно, ни о каком водороде — газе, который, соединяясь с кислородом, образует воду, — никто еще не

подозревал, как не подозревали и о кислороде. Вода считалась простым, неразложимым телом, пожалуй, единственным, насчет которого все соглашались, что это настоящий элемент.

Но давным-давно, с тех примерно времен, когда научились получать из железного колчедана и из селитры купоросное масло (оно же — селитряный спирт, оно же — серная кислота), обнаружилось следующее. Если бросить и сосуд с этой едкой жидкостью железный гвоздь, то гвоздь растворится, а жидкость начнет как бы кипеть — в ней появятся пузырьки воздуха. Так же давным-давно обнаружилось, что воздух из купоросного масла особенный: при соприкосновении о огнем он горит, а иногда даже взрывается.

Факт этот был известен еще алхимикам, но они не сочли его интересным. Вот и на болотах из торфяной жижи всплывают пузырьки, которые можно поджигать. А на Востоке, сообщают путешественники, в некоторых местах горючие испарения струятся прямо из-под земли. Алхимикам было не до них, алхимиков одолевали другие заботы.

Роберт Бойль первым придумал, как собрать этот странный воздух. Он взял бутыль с водой. И, говоря словами самого Бойля, "увидел поднимающиеся воздушные пузырьки, которые, соединяясь, понижали уровень воды, занимая ее место. Скоро вся вода была вытеснена из верхнего сосуда и заменена телом, которое имело вид воздуха".

В дальнейших занятиях с этим телом, "имевшим вид воздуха", Роберт Бойль, однако, большого смысла не увидел.

Его увидел через сто лет другой англичанин — Генри Кавендиш.

Генри Кавендиш был лордом, но государственные дела его не интересовали — он жил затворником. Не было у него ни жены, ни детей. Полностью отсутствовало и ученое тщеславие — о замечательных своих открытиях он иногда вообще никому не говорил, о них узнали только из записей в лабораторном дневнике уже после смерти Кавендиша.

Кавендиш занялся горючим воздухом, пузырьки которого выделяются, если соединить железо с купоросным маслом, вскоре после того, как Джозеф Блэк опубликовал статью "Эксперименты над белой магнезией, едкой известью и некоторыми другими щелочами". Из этой статьи ученому миру стало известно о том, что щелочи становятся едкими вовсе не от того, что в них проникают частицы флогистона, а от того, что их покидают частицы фиксируемого воздуха.

Кавендиш начал с того, что вместо железа брал другие металлы: цинк или олово. Газ исправно выделялся. Тогда он

заменил селитряный спирт соляным — то есть, по-нашему, соляной кислотой. Газ и тут выделялся.

С равным основанием можно было предположить, что воздух выделяется из металлов и что воздух выделяется из кислот. Кавендиш остановился на первом предположении: ведь жидкость на вид оставалась неизменной, а кусочек металла исчезал. Очевидно, решил Кавендиш, кислота разлагает металл на растворимую часть — землю — и на этот воздух. Но ведь известно, что металл состоит из земли и флогистона! Так может, этот воздух и есть дотоле неуловимый флогистон?

Прежде всего Кавендиш решил убедиться в том, что горючий воздух не имеет ничего общего с обычным атмосферным воздухом. Мало ли, что он горит, а воздух не горит. Надо еще доказать, что он не имеет тех свойств, которые воздух имеет, то есть не может растворять в себе флогистон. Помните? Считалось, что воздух поддерживает горение потому, что он способен растворять вытекающий из горящего вещества флогистон.

Кавендиш ввел в бутыль с горючим воздухом зажженную свечу — свеча погасла.

Кавендиш посадил в банку с горючим воздухом мышь — мышь задохнулась.

Нет, горючий воздух и атмосферный воздух — разные вещи!

Теперь хорошо было бы найти удельный вес горючего воздуха. Это было очень непросто — проделать столь тонкое измерение столь тонкой материи. Но Кавендиш нашел решение.

Он бросил в кислоту унцию цинка и определил объем выделившегося горючего воздуха. Затем взвесил колбу с кислотой, бросил туда унцию цинка, подождал, пока цинк растворится, а газ улетучится, и снова взвесил колбу с растворившимся цинком.

Теперь она весила чуть-чуть меньше.

Кавендиш два, три, четыре раза повторял опыт. Убыль в весе оставалась прежней.

Тогда он разделил эту убыль на объем, который занимал горючий воздух при растворении унции цинка. Получалась ничтожно малая величина — в переводе на наши меры литр горючего воздуха весил примерно пять сотых грамма. И это в то время, когда литр обыкновенного атмосферного воздуха весит почти грамм! А фиксируемого воздуха Блэка — два грамма!

Такого легчайшего, почти невесомого вещества до той поры никто не знал. И Кавендиш окончательно уверился: это тончайшее вещество и есть флогистон!

Все же, будучи человеком исключительно точным, он дал горючему воздуху такое название: "воспламеняемый воздух из

металлов".

ОШИБКА ДЖОЗЕФА ПРИСТЛИ

Знаете ли вы, кто первым сделал газированную воду?

Джозеф Пристли. Был он священником. А по совместительству — учителем. До тридцати четырех лет не занимался никакими опытами. И вообще о химии имел довольно смутное представление — будучи уже взрослым человеком, прослушал две-три популярные лекции.

Итак, он читал проповеди, учил детей английскому, французскому и итальянскому языкам и не подозревал о предстоящей ему мировой славе и бронзовом памятнике, который соорудят ему сограждане в его родном городе Лидсе.

Все изменила одна встреча. В 1767 году, приехав на несколько дней в Лондон, Джозеф Пристли случайно познакомился с одним из самых выдающихся ученых того времени — американцем Бенджаменом Франклином. Тем самым Франклином, который изобрел громоотвод.

С этого момента священник не мог думать ни о чем ином, кроме исследований. И так как в то время все английские естествоиспытатели изучали разные "воздухи", занялся тем же и Пристли.

Начал он с фиксируемого воздуха Блэка. И первым его успехом было получение газированной воды: во время одного из опытов он пропустил углекислый газ сквозь воду и решил попробовать, не изменился ли ее вкус. Газированная вода понравилась ему чрезвычайно, и Пристли стал угощать ею всех своих знакомых. Слух о новом напитке достиг Лондона. Королевское общество собрало самых известных врачей. Пристли на глазах у них приготовил газированную воду, врачи попробовали ее и пришли в такой восторг, что вскоре Пристли был награжден золотой медалью Королевского общества, а газированную воду рекомендовали Британскому адмиралтейству для употребления на кораблях в качестве лекарства от морской болезни.

Первая удача весьма воодушевила тридцатипятилетнего новобранца науки, и он занялся новыми опытами, причем во всех случаях старался получить какой-нибудь новый воздух.

Вскоре Пристли пришел к мысли, что способ, продуманный Бойлем для собирания газов, всем хорош, кроме одного: в воде,

налитой в бутыль, воздух может раствориться. Надо было придумать что-нибудь получше. И Пристли придумал: он стал наполнять бутыль не водой, а ртутью, и над ртутью собирать газы.

Ему на редкость везло. Уже первый опыт с ртутью принес новый успех. Пристли стал нагревать поваренную соль с серной кислотой, и в бутыли над ртутью собрался воздух с острым едким запахом. Раньше никогда не могли его выделить, потому что он очень жадно соединялся с водой (мы называем этот газ хлористым водородом).

Затем Пристли решил собрать над ртутью воздух из нашатырного спирта. И собрал! (Мы называем этот газ аммиаком.)

После этого он попробовал впустить в один сосуд воздух из нашатырного спирта и воздух из поваренной соли. И вместо бесцветных воздухов получил белое облако, вскоре осевшее порошком (мы называем его хлористым аммонием).

Все это было так интересно, что ушедшего с головой в лабораторные опыты священника не смог соблазнить даже знаменитый капитан Джемс Кук, пригласивший Пристли принять участие в кругосветном плавании.

Вместо того чтобы плыть с Куком в южные моря, Пристли

купил зажигательное стекло чуть ли не в полметра диаметром и стал накалять с его помощью самые разные твердые вещества. Он клал их под стеклянный колокол с отводной трубкой, которая шла в бутыль, где над ртутью могли собираться выходящие из накаляемых тел газы.

Кому до опытов Блэка с белой магнезией такое могло прийти в голову?

А теперь это проделал даже не слишком искушенный в химии любитель.

Удача не покидала Джозефа Пристли, Первого августа 1774 года он решил выделить воздух из красного порошка, описанного еще в трактатах Джабир ибн-Хайяна. Алхимики называли его "Меркуриум пер се" — жженой ртутью. Порошок этот получали, прокалив на воздухе ртуть, он был ртутной землей, ртутной известью.

Пристли насыпал щепоть ртутной извести в тигелек, накрыл колоколом и, подождав, когда солнце выглянет из-за тучи, навел на тигель свое зажигательное стекло. Внимательно, боясь упустить малейшую подробность, он наблюдал за тиглем. И вдруг там что-то заблестело.

Пристли немного отодвинул линзу, чтобы разглядеть получше, что это, и увидел посреди уменьшившейся кучки порошка большую светлую каплю ртути.

Он снова направил туда линзу и перевел взгляд на бутыль — ртуть заполняла ее ужо не целиком, как перед опытом, а немного отступив от торчащего вверх дна: в бутыли был воздух из ртутной извести)

Через полчаса в тигельке блестела ртутная лужица, а две бутыли были полны каким-то воздухом. Что это за воздух? Тот, что окружает нас всегда? Или горючий воздух Кавепдиша? Или воздух, который он сам получил из поваренной соли и серной кислоты? Или тот, другой, из нашатырного спирта? Как это узнать?

Ну, прежде всего, если это обыкновенный атмосферный воздух, то он должен растворять флогистон, то есть поддерживать горение…

Пристли зажег свечу и осторожно сунул ее в бутыль. Огонь не только не погас — напротив, пламя свечи стало намного ярче, чем обычно.

Пристли подбежал к камину, выхватил щипцами маленький, слабо тлеющий уголек и сунул его в другую бутыль — уголек запылал, разбрасывая огненные искры, — словно это был не уголь, а пропитанная селитрой бумага.

Что бы еще попробовать?

Взгляд Пристли упал на тонкую железную проволоку, из обрезков которой он собирался получить горючий воздух. Он схватил щипцами эту проволоку, накалил в камине докрасна и сунул ее раскаленный кончик в ту самую бутыль, где горел уголь.

И не поверил своим глазам — железо горело! Новый воздух растворял флогистон намного энергичнее, чем атмосферный!

Должно быть, потому, подумал Пристли, что сам он начисто лишен флогистона, как бы дефлогистирован. Это дефлогистированный воздух!

Название, данное Джозефом Пристли новому воздуху, не вызвало никаких возражении у его ученых друзей из Королевского общества. Они были вполне солидарны с ним — да, конечно, это именно дефлогистированный воздух. Тем более, если принять во внимание недавние опыты ученика Блэка — Даниэла Резерфорда, который открыл флогистированный воздух.

Резерфорд брал обычный атмосферный воздух, пропускал его через известковую воду, чтобы очистить от фиксируемого воздуха, а затем через раскаленные угли, чтобы насытить флогистоном. Такой флогистированный воздух не мог уже поддерживать горения и дыхания (за что впоследствии и получил название "азот" — по-гречески "безжизненный").

А воздух Пристли, который поддерживал горение в несколько раз лучше обычного воздуха, естественно, следовало обозначить как дефлогистированный. Ведь в нем и в самом деле вовсе не должно было содержаться флогистона или если он там и был, то в гораздо меньшем количестве, чем в атмосферном воздухе.

Нелепая, на наш взгляд, логика! Но что поделать — флогистонная гипотеза казалась исключительно логичной…

Пристли был уверен, что раз его дефлогистированный воздух очень хорош для горения, то он не может быть нехорош для дыхания. Опыты подтвердили это. Мышь, помещенная в закрытый сосуд с дефлогистированным воздухом, не теряла сознания вдвое дольше, чем мышь, сидевшая в таком же сосуде с обычным воздухом.

Пристли и сам пробовал вдыхать дефлогистированный воздух и нашел, что он вполне приятен.

Откуда в ртутной извести дефлогистированный воздух? На этот счет больших сомнений у Пристли не возникало: ведь жженую ртуть получали из обычной ртути, прокалив ее на воздухе, то есть изгнав флогистон. Очевидно, ртуть, кроме флогистона, содержала еще и этот воздух, который при прокаливании ртути тоже терял свой флогистон.

Оставалось посмотреть, как поведут себя земли других металлов. Пристли повторил знаменитым опыт Роберта Бойля,

уже повторенный однажды Ломоносовым. Он взял свинец и сильно нагрел его. Свинец начал краснеть и постепенно превратился в красный порошок. Тогда Пристли сделал то, чего не сделал ни Бойль, ни Ломоносов: он положил красный порошок под колокол, нагрел своей линзой и снова превратил в свинец, изгнав из порошка находившийся в нем воздух.

Воздух из свинцовой земли оказался точно таким же, как воздух из жженой ртути.

Из любой металлической извести можно было получить дефлогистированный воздух — это было потрясающее открытие!

Пристли не знал, что еще за два года до него тот же самый дефлогистированный воздух в той же самой жженой ртути обнаружил шведский аптекарь Карл Вильгельм Шееле — вероятно, один из самых лучших экспериментаторов XVIII века. Это стало известно позже, когда оказалось, что дефлогистированный воздух — то самое вещество, без которого паука не могла двигаться дальше, и честь его открытия стали оспаривать разные исследователи. Впрочем, никто из них, открыв дефлогистированный воздух (Шееле называл его огненным воздухом), так и не понял, с чем они имеют дело.

В 1785 году Джозеф Пристли, будучи во Франции, познакомился с самыми выдающимися французскими химиками. В лаборатории одного из них в честь гостя был дан обед. У гостя не было никаких причин скрывать свои успехи, и он с гордостью рассказал о них.

Только один из присутствующих понял, что означает открытие Пристли. Это был хозяин лаборатории — Антуан Лоран Лавуазье.

Глава четвертая, в которой Лавуазье доказывает сложность земли, воды и воздуха и составляет первый список химических элементов

ПОЧЕМУ ПОХУДЕЛ ПЕЛИКАН

В отличие от Джозефа Пристли, который был небогат, прослушал лишь несколько лекций по химии, а первые самостоятельные эксперименты провел, когда ему минуло тридцать четыре года, Антуан Лоран Лавуазье был одним из самых богатых людей Франции, учился у самых лучших профессоров и уже в двадцать три года был избран в Академию наук. Может быть, именно это позволило ему увидеть в опытах английского естествоиспытателя то, чего тот не увидел.

А может быть, это произошло потому, что Лавуазье жил и работал во Франции, которая тогда находилась накануне революции. И на его взглядах сказался тот колоссальный подъем духа, то стремление покончить со всем отжившим и ветхим, та смелость, какой одушевлен был французский народ.

Впрочем, если эпоха и оказывала влияние на образ мыслей молодого исследователя, то сам он об этом вряд ли догадывался. Он деятельно приумножал доставшееся ему по наследству богатство, а все остальное время занимался наукой. Более всего — физикой и химией.

Сначала он заинтересовался водой. И не мудрено: это было единственное вещество, которое никто не мог разложить на составные части и которое, вместе с тем, могло превращаться в землю. Во всяком случае, таково было мнение великих авторитетов, и в их числе Роберта Бойля, проделавшего опыты с тыквой.

Впрочем, еще за сто лет до Бойля примерно такой же эксперимент провел голландский алхимик Гельмонт. Тот самый, что первый выделил из мела связанный с ним воздух и придумал для него название — газ. Только Гельмонт взял не тыкву, а иву. Он посадил ивовый прут в двести фунтов высушенной земли и ровно пять лет поливал его дистиллированной водой. А потом взвесил деревце и высушенную землю: ива весила 164 фунта, а земля те же двести. Откуда появились эти 164 фунта? Ясное дело

— из воды.

Правда, некоторые ученые считали, что Гельмонт и Бойль ошибались. Голландец Герман Бургаве, например, заявил, что в воду попадает пыль из воздуха. Но француз Этьен Жоффруа и немец Андреас Маргграф провели исследования в закрытых сосудах и доказали, что и там из воды выпадает осадок.

Лавуазье сразу же усмотрел в опытах Гельмонта и Бойля очевидный пробел: они оба не принимали во внимание воздух. Тот самый воздух, который прекраснейшим образом мог связываться с различными веществами, как об этом свидетельствовали многочисленные опыты разных исследователей, а наиболее убедительные — Джозефа Блэка.

О том, что фиксируемый воздух Блэка это совсем не то, что атмосферный воздух, Лавуазье, как и другие ученые люди того времени, ясного представления не имел. Ведь некоторые опыты свидетельствовали, что это одно и то же. Например, тот же Блэк показал, что если подуть через трубку в известковую воду — вода замутится и станет известковым молоком. Но именно такой эффект дает и фиксируемый воздух!

Теперь-то нам известно, что человек вдыхает одно, а выдыхает другое, но кто ж тогда знал то, что знаем мы?..

В отличие от Пристли, который формулировал свои вопросы к природе примерно так: "А что будет, если я попробую выделить воздух из нашатырного спирта?" или: "А что будет, если я суну свечу в воздух из ртутной извести?", Лавуазье всегда ставил природу в такое положение, когда она должна была ответить одно из двух: либо "да", либо "нет". Это великое искусство — уметь задавать природе такие четкие вопросы!

Готовясь к спору с Бойлем и Гольмонтом, Лавуазье решил задать природе такой вопрос: "Увеличится ли общий вес пеликана и налитой в него воды после длительной перегонки?"

Пеликаном называли реторту с длинным носиком, который был погружен в носик другой реторты, как клюв пеликана-детеныша в клюв пеликана-мамы.

Когда в одну реторту наливали воду и начинали ее кипятить, пар поднимался во вторую реторту, охлаждаемую снаружи холодной водой; там он снова превращался в жидкость и стекал в первую реторту, в которой жидкость подогревалась и снова превращалась в пар. После неоднократных перегонок на дне реторт накапливался землистый осадок.

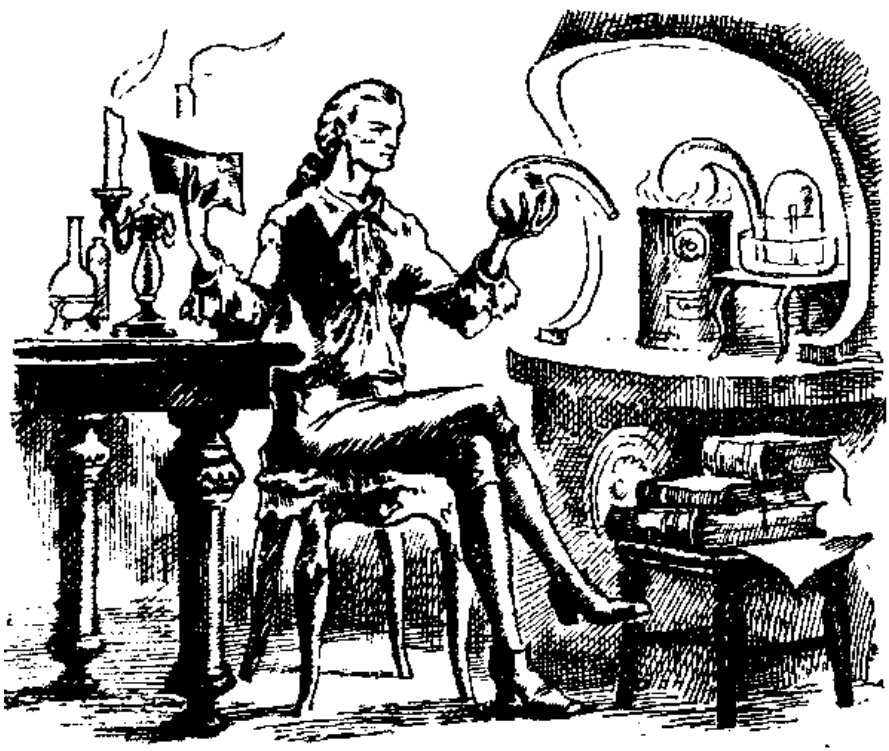
Так вот, если бы на вопрос Лавуазье природа ответила "да", то это означало бы, что извне, из огня, внутрь пеликана проникла огненная или еще какая-то материя, которая этот осадок и образовала.

Если бы природа ответила "нет", то это означало бы, что осадок образовался либо из воды, либо из стекла.

И тут Лавуазье приготовил природе дополнительный вопрос; "Уменьшился ли вес самого пеликана?"

Уже по этим вопросам видно, что Лавуазье полностью признавал слова Лукреция о том, что "из ничего даже волей богов ничего не творится".

Понимая, что голос природы может быть едва слышным, Лавуазье позаботился о том, чтобы услышать его, как бы тих он ни оказался. Исследователь заказал специальные, особо чувствительные весы, и не кому-нибудь, а пробиреру королевского монетного двора господину Шевену — великому мастеру точных приборов. Точность этих весов была такая, что при нагрузке в пять-шесть фунтов ошибка измерения не превышала одного грана. В переводе на наши меры на этих весах можно было взвесить три килограмма и ошибиться не более чем на несколько десятых грамма.



…Молодой исследователь взвесил пеликан до и после наполнения водой, записал цифры в лабораторный журнал, закупорил реторту, обмазал пробку жирной замазкой, чтобы ни вода, ни воздух не могли пройти, поместил пеликан в железную

банку с песком — песчаную баню — и принялся подогревать ее лампой с шестью фитилями.

Шесть фитилей работали вовсю — то и дело приходилось подливать в лампу оливковое масло. А через каждые двенадцать часов снимать с фитилей накопившийся нагар.

День и ночь булькала вода в пеликане. Булькала, превращалась в пар, оседала мелкими капельками, стекала в приемник, и снова булькала, и снова превращалась в пар, оставляя на дне реторт серый осадок.

На сто первые сутки Лавуазье накрыл фитили железными колпачками, остудил пеликан, тщательно удалил замазку и взвесил прибор. Вес оказался равным 5 фунтам 9 унциям 4 драхмам 49 и трем четвертям грана.

Он осторожно поставил пеликан на стол и раскрыл журнал с первоначальной записью. До нагрева, сто один день назад, наполненный водою пеликан весил 5 фунтов 9 унций 4 драхмы 50 гран.

Ошибку в четверть грана нельзя было принимать в расчет — она была в четыре раза меньше предела точности весов.

Итак, ничто извне в пеликан не проникло ни из огня, ни из окружающего воздуха.

Лавуазье опорожнил прибор и, тщательно просушив, взвесил его. Сто один день назад пеликан весил 1 фунт 10 унций 7 драхм полграна.

Теперь он похудел более чем на 17 гран.

Значит, никакая перегонка не смогла превратить воду в землю, просто вода понемногу растворила стенки реторт, и часть растворенного стекла выпала в виде осадка из раствора!

Так-то это так, по надо взвесить осадок: вдруг вес его окажется больше, чем потеря в весе стекла?

Лавуазье отфильтровал осадок из перелитой в бутыль воды и поместил его на весы. Всего пять гран! Куда же делись остальные двенадцать (семнадцать минус пять)?

Он не верил в чудеса, он верил в закон сохранения материи. Убывшая из стекла и не выпавшая в осадок материя может быть только в воде. Выпарить, быстрей выпарить!

Через час на дне пустой бутыли остался мелкий порошок. На весы его! Так. Пятнадцать гран вместо двенадцати? Не страшно — ведь еще до того, как попасть в пеликан, эта вода находилась в других сосудах и могла растворять их. Во всяком случае, пропажа нашлась. Как это сказано у Лукреция?..

> Не пропадает бесследно ничто, но в своем разложеньи
> Все возвращаются вещи на лоно материи снова…

Он бережно накрыл стеклянным колпаком драгоценные весы.

Жоффруа и Маргграф ошиблись. Земля в их герметически закрытых сосудах появлялась не из воды, а из стекла. Ошибся и великий Бойль. Вода не превращается в землю. Даже если земля имеет вид тыквы!

Да, вода тут ни при чем. А почва оставалась в прежнем весе… Откуда же тыква? Откуда дерево Гельмонта?

Но если что-то в одном месте умножилось, то чего-то не могло не убыть в другом. И если ото другое не земля, и если это другое не вода, значит это… воздух!

Лавуазье подсел к столу, подвинул поближе небольшую книгу в кожаном переплете. Это дневник, сюда он заносил свои мысли и планы.

"Фиксируемый воздух обнаруживает свойства, весьма отличные от обычного воздуха, — написал он. — Тот воздух убивает животных, которые его вдыхают, а этот совершенно необходим для жизни. Тот легко соединяется со всеми телами, а этот — с трудом или совсем не соединяется… Я дам историю всего того, что было сделано в отношении воздуха, который извлекается из тел и который с ними связывается. Важность предмета заставила меня начать сызнова всю эту работу, которой, на мой взгляд, предстоит вызвать революцию в физике и химии…"

Во Франции последней трети XVIII века слово "революция" было у всех на устах. И Лавуазье знал, о чем говорил. Если до тех пор загадки превращения веществ не были раскрыты с помощью мер и весов, то это означало одно из двух: либо что-то может быть создано из ничего, либо надо научиться мерить и взвешивать великое множество флюидов, скрывающихся под маской воздуха.

Но из ничего даже волей богов ничего не творится!

"Операции, — продолжал Лавуазье, — посредством которых можно добиться связывания воздуха: рост растений, дыхание животных, горение, при некоторых обстоятельствах обжиг, наконец некоторые химические реакции. Я должен начать с этих экспериментов".

ЕСЛИ ПОДЖЕЧЬ ХОЛОДНЫЙ ОГОНЬ

Прошло сто лет со дня получения Геннингом Брандом первой щепотки холодного огня, но фосфор все еще не потерял своей притягательной силы в глазах исследователей. 10 сентября 1772 года в дневнике Лавуазье появилась такая запись:

"Я купил у г. Митуара одну унцию прекрасного фосфора из Германии, который он мне отпустил за сорок пять луидоров. Я бросил маленький кусочек в бутылку, фосфор начал светиться и дымить, но без ощутительного тепла. Я приблизил, его к огню, и он тотчас же воспламенился с потрескиванием. Бутылка лопнула. Ободренный этим успехом, я решил проверить таким же способом, поглощает ли фосфор при горении воздух…"

Проверка происходила так.

Лавуазье отвесил девять гран фосфора, положил его в маленькую агатовую чашку и поставил чашку под стеклянный колокол, погруженный в таз с водой. Потом направил на фосфор линзу.

Фосфор загорелся, заклубился белый пар и скоро заполнил весь колокол.

А что с водой? Вода поднялась в колоколе на целый дюйм — значит, воздуха под колоколом стало меньше!

На сколько? Примерно на двадцать семь кубических дюймов! Значит, эти двадцать семь кубических дюймов воздуха связал сгоревший фосфор.

А может ли он связать весь находящийся под колоколом воздух?

Лавуазье отвесил втрое больше фосфора. Поместил под колокол. Зажег. Вода поднялась примерно на столько же, на сколько и раньше.

Весь воздух связываться не желал.

Почему? Непонятно. Надо думать. Впрочем, ведь еще не доказано, что и та, убывшая часть воздуха, действительно связана фосфором.

Лавуазье отвесил 8 гран фосфора, положил в агатовую чашку, чашку поставил в широкогорлую склянку, закупорил склянку и взвесил.

Затем откупорил склянку, поместил ее под колокол и сжег фосфор.

Склянка наполнилась белым дымом.

Лавуазье быстро вынул склянку из-под колокола, снова закупорил и поставил на весы.

Вместо 8 гран фосфора в склянке было теперь 14 гран какого-то вещества.

Пока Лавуазье доставал склянку из-под колокола, немного этого вещества вытекло из склянки, так что на самом деле его

получилось несколько больше. Значит, каждый гран фосфора поглощает примерно столько же какого-то флюида из воздуха!

А что если попробовать подсчитать, сколько весит этот флюид? Столько же, сколько обычный воздух, или нет?

Значит, так. Когда сгорело 9 гран фосфора, вода вытеснила 27 кубических дюймов. 27 дюймов делим на 9 гран — получается 3, три кубических дюйма воздуха связал каждый гран фосфора.

Но весы показывают, что каждый гран фосфора связал примерно гран воздуха. Значит, кубический дюйм связанного фосфором воздуха весит примерно одну треть грана.

Очень интересно! Ведь кубический дюйм атмосферного воздуха на двадцать пять процентов легче!

Но если это не атмосферный воздух, то что же? Уж не вода ли, пары которой всегда есть в атмосфере?

Вместе с агатовой чашкой, наполненной фосфором, Лавуазье поставил под колокол еще одну чашку, наполненную водой. Зажег фосфор. Часть фосфора превратилась в белый нар, затем горение прекратилось.

Лавуазье направил линзу на чашку с водой, вода вскипела и обратилась в пар.

Лавуазье снова направил линзу на фосфор, на ту часть фосфора, которой не хватило неизвестного флюида.

Но фосфор отказался от воды, не желал гореть, и все!

Лавуазье продолжал накалять агатовую чашечку до тех пор, пока фосфор не начал плавиться, кипеть и, наконец, превратился в дым.

Нет, это не вода.

Но что же еще может содержаться в атмосфере? Уж не тот ли самый фиксируемый воздух, который Блэк обнаружил в мягких щелочах? Как бы это проверить?..

Но сначала нужно доказать, что связанный горящим фосфором флюид содержится именно в воздухе. Попробуем-ка поджечь фосфор под колоколом, из которого воздух выкачан.

Это очень важный опыт. Может быть, самый важный. Флогистону стенка колокола нипочем — это ведь очень тонкая материя, его частицы проникают сквозь любую стенку.

Заработал насос, откачивая воздух. Вода под колоколом поднялась чуть ли не наполовину.

Лавуазье навел линзу на агатовую чашку с фосфором. Никакого огня.

Терпение, терпение! Фосфор начал плавиться. Закипел. Превратился в дым. И осел на стенках колокола.

А вдруг он чего-нибудь не заметил?

Лавуазье впустил под колокол воздух и попробовал на вкус

капли на внутренней поверхности колокола. Когда он делал это после горения фосфора, капли неизменно оказывались кисловатыми. Теперь он не почувствовал ни малейшей кислинки.

Нет, он ничего не упустил. Без воздуха фосфор не горел. Прибавление веса не зависело ни от какой тонкой материи. Только от воздуха!

Но это противоречило известному опыту Бойля с прокаливанием металлов. Может быть, надо вместо фосфора взять олово или свинец?

Прежде чем сделать это, Лавуазье заменил фосфор серой. И доказал, что сера тоже соединяется с воздухом.

Затем он взял олово. И доказал, что оловянная известь — результат соединения металла с тем же воздухом.

Опыт со свинцом показал то же самое.

Теперь у Лавуазье не оставалось иного выхода, как повторить полностью опыты Бойля.

И он сделал это.

Он отлил тоненькие стерженьки из чистейшего олова и чистейшего свинца весом ровно по восемь унций. И поместил их в новые, тщательно очищенные стеклянные реторты, предварительно взвешивая каждую на них. Запаял их, снова взвесил и держал над раскаленными углами двенадцать часов подряд, пока на расплавленном металле не перестала образовываться окалина. И после этого взвесил снова. И оказалось, что ни одна реторта не увеличилась в весе.

Что все это значило? Да только то, что во время обжига ничто, находящееся вне реторты, не соединялось с металлами. И что если вес металла увеличился, то причину этого следовало искать внутри реторты.

Лавуазье взял одну из остывших реторт, провел раскаленным углем черту по стенке, смочил эту черту водой и по образовавшейся трещине аккуратно разъял реторту на две части. Обе части и все содержимое он взвесил. Реторта не потяжелела, а вес металла увеличился на три грана.

Он повторял опыты с оловом и свинцом до тех нор, пока не смог доказать три вещи.

Первое. В определенном объеме воздуха можно обжечь лишь определенное количество металла.

Второе. Запаянные реторты не увеличиваются в весе и, значит, увеличение веса металла при обжиге не происходит ни от материи огня, ни от какой иной материи извне реторты.

Третье. Увеличение веса металла при обжиге равняется несу поглощенного воздуха.

Через семнадцать дет после Михаила Васильевича

Ломоносова Антуан Лоран Лавуазье убедился в том же самом: "Без пропущения внешнего воздуха вес сожженного металла остается в одной мере".

Теперь надо было узнать, что же представляет собою та часть воздуха, которую при обжиге поглощают металлы. Мысль о воде пришлось отбросить. Мысль о фиксируемом воздухе Блэка следовало проверить.

Для Лавуазье заставить природу дать ответ на этот вопрос было не так уж трудно.

В один из летних дней 1773 года он зажег под колоколом фосфор, и, когда фосфор погас из-за недостатка флюида, нужного ему для дальнейшего горения, Лавуазье впустил под колокол полученный обжигом мела фиксируемый воздух.

Но в этой смеси фосфор гореть не пожелал. А внесенная под колокол зажженная свеча сразу же погасла.

Ответ природы был таким: ни фосфор, ни свеча, ни металлы не поглощали фиксируемого воздуха. Он тут был ни при чем.

Как следовало поступить, чтобы выяснить природу другого вида связанного воздуха — поглощаемого не щелочами, а металлами, фосфором, серой? Выход был один: надо было суметь "развязать" этот воздух, выделить его в чистом виде и исследовать.

Да вот беда — большинство металлических известей снова превращались в металл лишь в присутствии других веществ, например, богатого флогистоном угля. И это путало всю картину, мешало выделить в чистом виде именно тот флюид, который был в этих известях связан.

Весь 1774 год прошел в попытках выделить этот флюид из железных известей, то есть окислов железа. Но, как написал сам исследователь, "из всех этих естественных и искусственных известей, которые мы подвергали действию в фокусе больших зажигательных стекол… нет ни одной извести, которую бы удалось полностью восстановить без добавления чего-либо…".

В таком положении находилось дело, когда в один из октябрьских дней этого, не очень удачного 1774 года Джозеф Пристли за обеденным столом поведал французским коллегам об удивительных свойствах открытого им дефлогистированного воздуха.

ДЕФЛОГИСТИРОВАННАЯ ХИМИЯ

"..Едва за гостем захлопнулась дверь, хозяин бросился в лабораторию.

Насыпать в реторту несколько щепоток жженой ртути было делом одной минуты.

Вот красный порошок заблестел в фокусе линзы, вот в нем появилась тяжелая капелька ртути, вот вода из бутыли стала уходить, уступая место пузырям освобождающегося из ртутной извести воздуха, вот он пойман, наконец, неуловимый виновник горения!

Этот священник говорил чистую правду: внесенный в бутыль тлеющий уголек раскалился добела и сыпал искры, как праздничный фейерверк.

Теперь предстояло методично и досконально разобраться в том, что же такое атмосферный воздух. И что такое фиксируемый воздух Блэка. И почему, когда Генри Кавендиш сжег горючий газ, который он счел флогистоном, у него получилась вода. И как все же быть с флогистоном? И вообще, какие вещества следует считать простыми, а какие сложными?

На это ушло десять лет.

Но самое трудное было позади. В руках у Лавуазье была нить не хуже, чем та, которая вывела легендарного Тезея из лабиринта. Называлась она новой теорией горения.

Он изложил ее в статье "О горении вообще".

Суть теории заключалась в том, что горение всех горючих веществ — серы, фосфора, "углеобразных тел", — а также обжиг металлов есть соединение этих веществ с дефлогистированным (Лавуазье писал — "чистым") воздухом. А никакого флогистона ни горючие тела, ни металлы не содержат.

Удалив из атмосферного воздуха "чистый воздух". Лавуазье доказал, что оставшийся газ вовсе не фиксируемый воздух, по так же, как и он, не поддерживает горения и дыхания.

Восстановив ртутную известь углем, Лавуазье получил под колоколом фиксируемый воздух и тем самым доказал, что тот — не что иное, как соединение угля с "чистым воздухом".

Предположив, что получающаяся при сжигании горючего воздуха вода есть соединение этого горючего воздуха с "чистым воздухом", он пропустил водяные пары через раскаленный ружейный ствол и получил на нем окалину, а в приемном сосуде — горючий воздух.

Лавуазье нашел "чистый воздух" во всех металлических известях, во многих кислотах и в щелочах.

И нигде не нашел флогистона.

Конечно, даже самые крупные химики, узнав об этом, не могли сразу отказаться от привычного образа мыслей.

И Генри Кавендиш, первым получивший из водорода и кислорода воду, продолжал писать: "Из всего вышеизложенного вытекает безусловное основание считать, что дефлогистированный воздух представляет собой воду, лишенную своего флогистона, и что горючий воздух является флогистированной водой".

А знаменитый изобретатель парового двигателя Джеймс Уатт говорил, что вода состоит из дефлогистированного воздуха и флогистона.

Но долго это продолжаться не могло. Попробуйте объяснить кому-нибудь, что воду надо получать так: сперва дефлогистировать воздух, то есть изгнать из него флогистон, затем к этому дефлогистированному воздуху добавить флогистон. Любой человек, конечно, сразу заметит, что в этом случае получится не вода, а тот же самый первоначальный воздух.

В дефлогистированной Антуаном Лораном Лавуазье химии таких казусов не было. И потому довольно быстро ее признали во всех странах. Написанный Лавуазье "Начальный курс химии", изданный во Франции в 1789 году, в том же году был переведен на голландский язык, в следующем году его выпустили англичане, еще через год — итальянцы и потом — немцы. Правда, на родине Бехера и Шталя дело не обошлось без эксцессов — обиженные за свой немецкий флогистон, "патриоты" публично сожгли портрет Лавуазье.

"Начальный курс химии" был первой книгой, в которой действительно простые, элементарные тела были названы простыми, элементарными, а действительно сложные — сложными. И помещена первая в истории науки таблица химических элементов, из которых состоят сложные вещества.

Вот она.

Простые вещества, которые принадлежат к трем царствам природы и которые можно рассматривать в качестве элементов тел	Свет Теплород Кислород Азот Водород	
Простые вещества неметаллические, окисляемые и кислотообразующие	Сера Фосфор Углерод Муриевый радикал (хлор) Плавиковый радикал (фтор) Борный радикал (бор)	
Простые вещества металлические, окисляемые и кислотообразующие	Сурьма Серебро Мышьяк Висмут Кобальт Медь Олово Железо Марганец	Ртуть Молибден Никель Золото Платина Свинец Вольфрам Цинк
Простые вещества землистые, солеобразующие	Известь Барит Кремнезем	Магнезия Глинозем

Первые строки таблицы Лавуазье не могут не вызвать недоумения. Опять теплород? И что ото за вещество — снег?

Ничего не попишешь — и самым большим ученым не все известно.

Лавуазье никак не мог понять, откуда берутся свет и тепло, которые возникают при горении. И он не придумал ничего лучшего, как, изгнав огненную материю из твердых и жидких тел, поместить ее в окружающую атмосферу. И объявить, что обычно огненная материя соединена с кислородом, а при горении это соединение будто бы распадается, кислород соединяется с горящим телом, а огненная материя выделяется в виде тепла и света.

Неправильно, но остроумно.

В общем, Лавуазье не уничтожил флогистон. Но докапал, что в состав химических веществ никакой флогистон не входит.

Но будем требовать от одного человека слишком многого, Лавуазье и так сделал для химии больше, чем кто-либо со времен Аристотеля. Продолжая идти по указанной Аристотелем дороге, он открыл общее для множества веществ свойство — соединяться с кислородом. И затем добрался до коренного свойства веществ — не разлагаться на другие вещества. Им обладали 26 известных Лавуазье тел. Насчет еще пяти — магнезии, барита, извести, глинозема и кремнезема — он написал: "Можно ожидать, что эти земли вскоре перестанут причисляться к классу простых веществ. Они — единственные из всего данного класса веществ, которые не имеют охоты соединяться с кислородом, и я весьма склонен думать, что эта индифферентность по отношению к кислороду, ежели мне дозволено воспользоваться таким выражением, происходит оттого, что они уже сами по себе насыщены кислородом".

Правота этих слов вскоре была доказана.

Двадцать шесть плюс еще пять — тридцать один элемент! Но главное, чем обязана Лавуазье паука, это не числом названных им элементов, а объяснением того, что такое элемент. И лучше всего это можно видеть на примере ртути и серы.

Для алхимиков ртуть была не просто тяжелым жидким металлом, а еще и составной частью всех прочих металлов, сама, в свою очередь, состоящая из влажности и холода. Так же как сера была не просто твердым, желтым, горючим телом, но еще и составной частью масла, угля и прочих горючих тел, сама, в свою очередь, состоящая из сухости и тепла…

Для Лавуазье же ртуть и сера были двумя неразложимыми простыми телами, которые могли соединяться с другими простыми телами, образуя при этом разные сложные вещества, но отнюдь не другие элементы.

Элементы оказались совсем не такими, какими представлялись они Аристотелю и вслед за ним алхимикам. Кончилась эпоха сомнений в возможности превращения элементов. Пришло точное знание того факта, что в ходе химических реакций ни один элемент не может превратиться в другой.

Однако это не означало простого отрицания алхимических идей. Это было огромное продвижение вперед в понимании природы вещей. Вместо фантастического представления о первичных частицах, слагающих все многообразие окружающего нас мира, появилось в основном правильное представление о

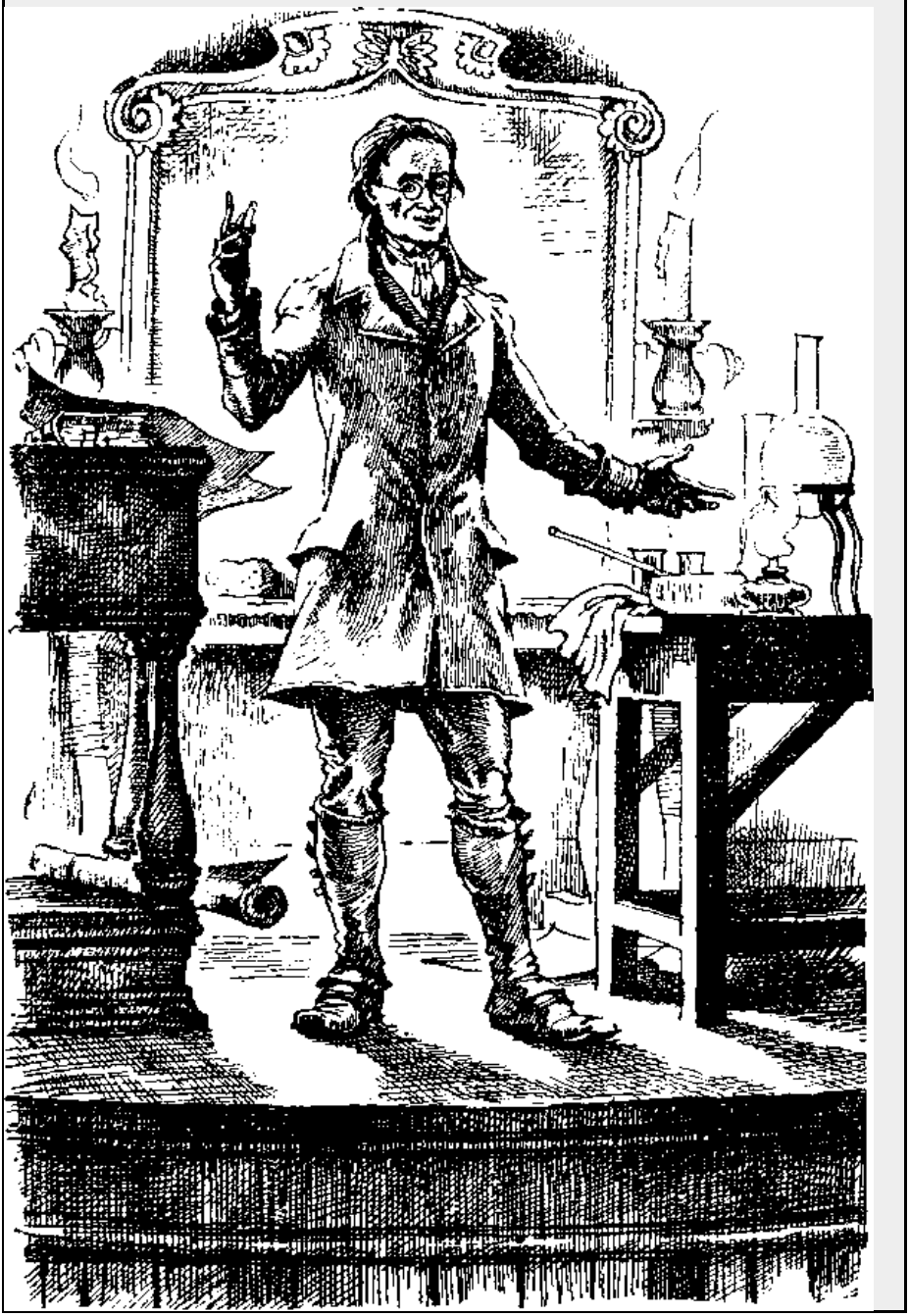
химических элементах.

Правда, никто еще не знал причин, по которым один элемент отличается от другого. Никто еще не догадывался о механизмах, с помощью которых элементы образуют сложные вещества.

И, пожалуй, самое главное — никто не понимал, каким образом можно объединить учение о химических элементах с атомной гипотезой. Этим и предстояло теперь заняться в первую очередь.

Часть третья
ОТРИЦАНИЕ

Глава первая,
в которой Дальтон сравнивает по весу атомы разных сортов, а когда число этих сортов начинает быстро расти, Праут и Ньюлендс предпринимают попытки навести среди атомов хоть какой-нибудь порядок



ТОЛЬКО ЦЕЛЫЕ ЧИСЛА

В книгах на русском языке человека по имени Джон Долтон нет. В прошлом веке английские слова писали у нас как придется — вместо Уошингтон получился Вашингтон, вместо Айвенго был Ивангос, а вместо Джон Долтон написали Джон Дальтон.

Так он и остался Дальтоном.

Про Джона Дальтона его современники сообщали немало неприятного. Например: "Его вид и манеры были отталкивающими, голос у него был резкий и сварливый, а походка неуклюжая". Или: "В нем было меньше желания узнать, что сделали другие, чем твердой уверенности в правильности того, что сделал он сам".

Впрочем, и к Аристотелю лично знавшие его люди относились далеко не лучшим образом. В одной из старых, почтенных энциклопедий можно прочесть: "При жизни А. не был любим. Наружность его не отличалась привлекательностью. Он был малого роста, близорук и картав. На губах его играла

язвительная улыбка…"

В гениях ли тут дело? Или в людях, которые их окружают?

В 1773 году, когда "Начальный курс химии" Лавуазье вышел во Франции уже вторым изданием, 27-летний провинциальный учитель Джон Дальтон приехал в большой промышленный город Манчестер, где ему досталось место преподавателя математики и физики в новом колледже.

И здесь Дальтон занялся исследованиями.

Три вопроса более других интересовали его.

Первый. Лавуазье установил, что по крайней мере 26 веществ представляют собой элементы — неразложимые простые тела.

Почему они далее не разлагаются?

Второй. Жозеф Луи Пруст, исследуя киноварь из Испании и Японии, поваренную соль из морей, озер и копей, воду из горных ледников и глубоких шахт, а также многие другие сложные вещества из разных мест, доказал, что любая вода в очищенном от примесей виде содержит 11,1 % по весу водорода и 88,9 % кислорода, а любая соль — 39,3 % натрия и 60,7 % хлора, а любая киноварь — 86,2 % ртути и 13,8 % серы. И вообще, что "соединение есть привилегированный продукт, которому природа дала постоянный состав".

Как объяснить это постоянство состава любого сложного тела?

Третий. Еще алхимикам было известно: для того, чтобы превратить в киноварь всю ртуть и всю серу без остатка, нужно ваять их в определенном отношении, а именно: отвесить 86,2 части ртути и 133 части серы. Иначе либо сера, либо ртуть останутся в избытке. Но когда химики от твердых тел и жидкостей перешли к газам, в подобных числах возникла новая особенность. Газы легче было отмерять не в весовых единицах, а в объемных — ведь их собирали в бутыли. И тут-то при переходе от унций к литрам выявились удивительнейшие вещи. Например, если считать по весу, то аммиак состоит из 17,06 части водорода и 82,94 азота. Ничего особенного. А если считать по объему — то из трех объемов водорода и одного объема кислорода. Все числа получались целыми! Или другой пример. Разложили воду, собрали в одной бутыли кислород, в другой водород. И пришлось для кислорода брать бутыль ровно вдвое меньшего размера, чем для водорода.

Откуда взялись эти целые числа?

Ответы, которые нашел Джон Дальтон, оказались ошеломляюще простыми.

Почему далее не разлагаются элементы? Да потому, что они состоят из атомов одного сорта. Атомы же неделимы никакими

способами.

Почему постоянен состав сложных веществ? Да потому, что сложное вещество состоит из сложных атомов — молекул, а каждая молекула — это соединение определенного числа атомов одного сорта с определенным числом атомов другого сорта или нескольких других сортов.

Почему появились целые числа? Да потому, что атомы неделимы и они не могут входить в состав молекул четвертушками или половинками, и значит, молекула воды состоит из двух атомов водорода и одного атома кислорода. А молекула аммиака — из трех атомов водорода и одного атома азота.

Теперь можно было понять и закон сохранения материи при химических превращениях: куда могла материя деваться, если все превращения оказывались лишь переходом одних и тех же атомов от одного вещества к другому?

Но Дальтон не хотел ограничиваться объяснением уже открытых фактов. Только та теория хороша, которая позволяет предсказывать новые. И Дальтон сделал предсказания. Первое относилось к свойствам самих атомов. Раз непременное свойство любого вещества — его масса, вес, значит, это непременное свойство есть у каждого атома. И атомы разного сорта должны иметь разный вес.

Второе предсказание относилось к разным веществам, образованным одними и теми же элементами. Например, углерод с кислородом могут образовать два совершенно разных таза — угарный и углекислый. Азот с кислородом — четыре разных вещества. Было ясно и так, что одни и те же элементы входят в эти вещества в разных пропорциях. Дальтон объявил другое, а именно: что в таких соединениях весовые количества одного элемента, приходящиеся на одно и то же количество другого элемента, будут кратными, то есть будут относиться между собою как целые числа. Потому что в молекуле одного такого соединения может быть только два атома, скажем, углерода вместо одного, или три, или четыре, но уж никак не полтора атома — ведь атом не делится на половинки!

Дальтон сам проверил угарный и углекислый газы. В угарном газе на три весовые части углерода приходится четыре весовые части кислорода, а в углекислом — на те же три части углерода уже восемь частей кислорода. 8:4 = 2. Целое число!

Проверил Дальтон и соединения азота с кислородом. Там тоже получились целые числа.

Впрочем, у газов и раньше, когда имели дело с объемами, получались целые числа. А вот у твердых и жидких тел никаких

простых соотношений никто никогда не наблюдал.

Дальтон взял два медных окисла — черный и красный. В черном оказалось по весу 79,9 % меди и 20,1 % кислорода, в красном — 88,8 и 11,2. Теперь надо было высчитать, сколько приходится меди на единицу веса кислорода в том и другом окисле. Дальтон разделил 79,9 на 20,1. Получилось 3,96. Потом разделил 88,8 на 11,2. Получилось 7,92.

Теперь оставалось разделить 7,92 на 3,96. И, конечно, получилось целое число: два. На один атом меди в молекуле черного окисла приходилось два атома меди в молекуле красного. Закон кратных отношений действовал безотказно…

С этого времени химики всего мира могли с карандашом или пером в руках подсчитывать, сколько исходных веществ надо взять, чтобы они нацело, без остатка, превратились в нужное новое вещество.

АТОМНЫЙ ВЕС

Первую таблицу атомных весов двадцати элементов составил сам Дальтон и поместил в книге "Новая система химической философии". Первый том ее вышел в 1808 году. Она именовалась так: "Таблица относительных весов мельчайших частичек газообразных и других тел". Относительных — потому что взвесить атом Дальтон не мог, а мог только попытаться выяснить, на сколько тот или иной атом тяжелей атома водорода.

Кроме относительных весов, в таблице были даны символы для химических элементов. Раньше каждому веществу давали свой символ. И потому своя знаки были не только у золота, ртути или серы, но и у поваренной соли, селитры, уксусной кислоты — вообще у любого, известного химикам вещества. Получалась китайская грамота.

Дальтон же все упростил: элемент обозначался своим символом, а соединение — символами элементов, в него входящих.

Правда, ни предложенные Дальтоном символы, ни обозначения, в его таблице относительные веса долго не продержались. Символы-значки были заменены первыми буквами латинских названий элементов. А относительные веса — другими, более точными числами.

Тем не менее в главном Дальтон оказался прав — у каждого элемента был только ему одному присущий атомный вес —

число, показывающее, во сколько раз атом такого-то элемента тяжелее, чем атом водорода, или, впоследствии, чем одна шестнадцатая часть атома кислорода.

Точное определение этих чисел стало в принципе возможным после того, как появился закон Авогадро.

Амедео Авогадро, профессор Туринского университета в Италии, задумался над химическими реакциями, в которых из одних газообразных веществ получаются другие газообразные вещества. Например, над тем, как разлагается аммиак. Если полностью разложить один кубический дюйм аммиака, то из него получится ровно столько же азота и ровно три кубических дюйма водорода. Или, например, над тем, как получается углекислый газ. Если соединить кубический дюйм угарного газа с кубическим дюймом кислорода, то получится не два кубических дюйма углекислоты, а только один.

Что бы это могло значить? Почему более сложный газ всегда занимает ровно такой же объем, как один из исходных, и притом тот, которого было меньше?

Авогадро рассуждал примерно так.

Молекула сложного вещества образовалась из атомов простых веществ или молекул менее сложных веществ. Например, молекула аммиака состоит из атомов азота и водорода. Значит, в ней не может не быть хотя бы одной частицы азота. Значит, число полученных молекул аммиака не может быть больше числа атомов азота.

Но и сложные частицы аммиака, и простые частицы азота занимают один и тот же объем. Почему? Проще всего это можно было объяснить следующим: при одной и той же температуре и давлении в равных объемах находится одинаковое число частиц любого газа. Хоть легчайшего водорода, хоть тяжелой углекислоты.

Из этого обнаруженного Авогадро закона, которому подчиняется жизнь газов, оказалось возможным определить относительный атомный вес любого элемента. Надо только выделить его в виде газа или пара, собрать в сосуд, взвесить и сравнить его вес с весом другого такого же сосуда с водородом. Ведь от того, будете вы делить вес одного атома кислорода на вес одного атома водорода или же вес миллиарда атомов кислорода на вес миллиарда атомов водорода — результат измениться не может.

Так была определены атомные веса многих элементов, и все они оказались разными.

Легче водорода не нашлось ни одного элемента.

А наиболее тяжелым оказался висмут.

На самом деле еще тяжелей был уран, но правильно определить атомный вес урана долго не удавалось…

Когда исследователя находили какой-нибудь, новый элемент, то его атомный вес обязательно оказывался не таким, как у ранее известных.

Все же другие свойства атомов не были так индивидуальны. Цвет, вкус, запах, металлический блеск, растворимость, горючесть, способность образовывать кислоты, или, наоборот, щелочи — не были особым признаком. Этими свойствами обладали — пусть в разной мере — многие элементы, атомы многих сортов.

СКОЛЬКО ИХ?

В таблице Лавуазье, составленной в 1789 году, было двадцать шесть элементов. После того как Лавуазье объяснил, что такое простое тело и что такое — сложное, перечень известных химикам элементов стал расти с невиданной быстротой.

В том же 1789 году появились уран и цирконий, в 1791 — титан, в 1794 — иттрий, в 1797 — хром. Первый же год нового, XIX века ознаменовался открытием ниобия, второй — тантала, третий — церия и палладия, четвертый — родия, осмия, иридия. Затем после двухлетнего перерыва наступил черед калия, натрия, бария, стронция, магния, кальция и бора — все они были открыты великим охотником за элементами англичанином Хемфри Дэви. Второе десятилетие XIX века дало человечеству хлор, йод, литий, кадмий, селен. Третье — кремний, бром, алюминий, торий. Четвертое и пятое — маленькая передышка: всего три новых элемента — ванадий, лантан и рутений. А потом снова лавина: 1860 — цезий, 1861 — рубидий, 1862 — таллий, 1863-индий, 1868 — гелий…

Через восемьдесят лет, прошедших после появления таблицы Лавуазье с ее 26 элементами, люди знали уже более 60 сортов атомов. Среди новых элементов были такие активные, как калий, горящий даже в воде. И такие стойкие, как осмий или иридий, не боящиеся самых сильных кислот. Был легчайший металл алюминий и более тяжелые, чем свинец, — торий и уран.

Сколько элементов еще предстоит открыть? И какими окажутся их свойства? И вообще — от чего эти свойства зависят, по какому закону от элемента к элементу изменяются?

На эти вопросы не мог ответить никто.

Только что упорядоченный Лавуазье и Дальтоном мир элементов снова постепенно превращался в хаос, за которым отдельные мыслители тщетно стремились угадать систему.

Английский врач Уильям Праут выступил с идеей, которую сегодня нельзя не назвать пророческой. Вес любого атома кратен весу атома водорода потому, что все атомы состоят из атомов водорода; именно водород и есть та первичная материя, из которой затем постепенно образовались и все остальные элементы…

Но эта крайне привлекательная мысль не подтвердилась. Точные измерения показали, что атомные веса более тяжелых элементов не делятся нацело, без остатка, на атомный вес водорода.

Другой англичанин Джон Ньюлендс предложил расположить все сорта атомов в порядке возрастания атомных весов и посмотреть, не обнаружится ли при этом какая-нибудь закономерность в изменении других свойств элементов.

В 1866 году он высказал свою идею в Лондоне. Но присутствовавшие на докладе ученые подняли его на смех; один физик даже спросил: а не пробовал ли достопочтенный докладчик расположить элементы не по атомным весам, а по алфавиту?

И Ньюлендс отступил.

Не достигли успеха и другие попытки обнаружить закономерную систему элементов, предпринятые французом Александром де Шанкуртуа, немцем Лотаром Мейером, англичанином Уильямом Одлингом.

Но если общий чертеж системы элементов до конца 60-х годов XIX века оставался неизвестным, то кое-какие его детали все же постепенно прояснялись. Более всего это относилась к установлению сходства между отдельными элементами и даже группами элементов.

Пожалуй, наиболее важный шаг в этой области сделал немецкий химик Иоганн Деберейнер. Он установил, что существуют группы элементов, сходные не только по химическим, но и по некоторым физическим свойствам. Например, литий-калий-натрий. Или магний-кальций-стронций. Или фосфор-мышьяк-сурьма. Или фтор-хлор-бром. Такие группы Деберейнер назвал триадами. А установленная им закономерность — "закон триад" — гласила: атомный вес среднего члена триады есть среднее арифметическое атомных весов ее крайних членов. Таким же средним был у средних элементов триад и удельный вес окисей.

Казалось бы, что могло помешать распространению "закона триад" и на несходственные по своим химическим свойствам и

даже на все вообще элементы?

Но парадоксальная по тому времени мысль о "сходстве несходного", если и возникала, то ее тут же отбрасывали, или остерегались обнародовать, или, как в случае с Ньюлендсом, не могли доказать.

Кроме того, препятствием для ее утверждения была путаница с атомными весами: атомные веса многих элементов были определены неверно. И главным образом потому, что большинство исследователей первой половины XIX века не представляли себе как следует различие между двумя видами частиц вещества — атомами и молекулами. И не понимали, что закон кратных отношений Дальтона относится к атомам, а закон Авогадро — к молекулам. Поэтому при определении атомного веса того или иного элемента нередко получали ошибочный результат. Например, зная, что в воде на 1 весовую часть водорода приходится 8 весовых частей кислорода и полагая, что соотношение атомов элементов здесь один к одному, можно было принять атомный вес кислорода за 8. А рассуждая так же о перекиси водорода, можно было принять его за 16.

Только в 40-х годах XIX века французский химик Шарль Жерар пришел к выводу, что атом есть наименьшее количество элемента, входящее в состав молекулы его соединений. И что молекула есть наименьшее количество вещества, вступающее в химические реакции и занимающее в газообразном состоянии одинаковый объем для всех веществ.

С этого времени стало теоретически возможным правильное определение атомных весов. Но во-первых, не все ученые сразу согласились с Жераром. А во-вторых, для претворения теоретической возможности в реальность нужно было преодолеть немало технических препятствий.

И лишь к концу 50-х годов, когда итальянский ученый Станислао Канницаро изобрел способ определения атомного веса металлов по плотности их паров и теплоемкости, все химики наконец согласились с жераровскими представлениями об атоме и молекуле.

Об этом удалось договориться на Международном химическом конгрессе; он состоялся в сентябре 1860 года в немецком городе Карлсруэ. После этого можно было правильно определить атомный вес всех без исключения элементов. Хотя, конечно, для этой работы потребовалось немало времени.

…Чтобы навести порядок во все увеличивающемся нагромождении химических элементов и снабдить человечество картой атомов, нужен был гений. Возможно, не меньший, чем Чарлз Дарвин, который разобрался в хаосе растительного и

животною мира.

И никто из маститых участников конгресса в Карлсруэ не подозревал, что этот научный подвиг совершит находившийся в одном зале с ними двадцатишестилетний русский химик Дмитрий Иванович Менделеев.

Глава вторая, в которой многое происходит не так, как полагается

СОВЕТ ИЗ ПЕТЕРБУРГА

В 1859 году немецкие ученые Густав Кирхгоф и Роберт Бунзен обнаружили новое, до того не известное свойство атомов: если раскалить какое-нибудь вещество и заставить его светиться, а потом пропустить этот свет через стеклянную призму, то можно обнаружить, что спектр у него будет не такой, как у другого вещества. В спектре натрия, например, самой яркой будет желтая полоска, а в спектре магния — зеленая.

Когда Кирхгоф и Бунзен обнаружили эти удивительные особенности атомов разного сорта, они построили специальный прибор спектроскоп, который позволял получить спектр мельчайшей крупицы вещества. И принялись испытывать в этом приборе самые разные минералы. И вот в одном минерале, в спектре которого светилась ярко-голубая полоска, они открыли новый элемент цезий ("небесно-голубой"), а в другом минерале — в его спектре светилась багровая полоска — новый элемент рубидии ("красный").

Спектроскоп был принят на вооружение десятками исследователей во многих странах. И вскоре были открыты еще два новых элемента.

Один из них был назван таллием ("таллюс" — это молодая зеленая ветвь), а другой индием (индиго — самая красивая синяя краска); в спектре первого ученые увидели характерную только для этого элемента ярко-зеленую полоску, в спектре второго — ярко-синюю.

После таллия и индия пришло время гелия…

Из всех ученых, занявшихся спектральным анализом, наибольший успех выпал на долю французского химика Поля Лекока де Буабодрана — ему посчастливилось обнаружить три новых элемента.

Самую широкую известность получило его первое открытие. И не потому, что первый открытый Буабодраном элемент, названный в честь родины первооткрывателя галлием, оказался более распространенным и важным для техники, чем впоследствии обнаруженные им самарий и диспрозий. Нет,

открытие галлия произвело громадное впечатление на весь ученый мир совсем по другой причине…

Можно представить себе радость исследователя, когда он, раскалив кусочек довольно обычного минерала, увидел в его спектре совсем необычную, ранее никому и никогда не встречавшуюся фиолетовую линию и уже через день, многократно повторив эксперимент и сравнив полученный спектр со спектрами известных элементов, смог написать французскому академику Вюрцу:

"Позавчера, 27 августа 1875 года, между двумя и четырьмя часами ночи, я обнаружил новый элемент в минерале цинковая обманка из рудника Пьерфитт в Пиренеях…"

Можно представить испытанное исследователем удовлетворение, когда после года упорной, кропотливой работы ему удалось выделить несколько тысячных долей грамма этого нового элемента и определить некоторые его свойства, в том числе атомный вес, который оказался близким к 69, и плотность, которая оказалась равна 4,7.

Труднее представить, что почувствовал Буабодран, когда узнал, что петербургский профессор Дмитрий Менделеев, не имевший ни малейшей крупицы галлия, тем не менее позволил себе не только оспаривать правильность найденной им, Буабодраном, плотности нового элемента, не только называть иное, по его мнению, более правильное число — 5,9, но еще и давать советы. Он рекомендовал получше очистить препарат от натрия и тогда уже определять плотность.

В наше время подобный совет не мог бы ни поразить, ни даже удивить. Сейчас химику предугадать то или иное свойство еще не открытого элемента не намного сложнее, чем пассажиру поезда или самолета предугадать время своего прибытия из одного города в другой.

А в те времена многие серьезные ученые к возможности подобных предсказаний относились весьма скептически. Когда, например, знаменитый Бунзен узнал о том, что Менделеев предсказал существование нескольких новых элементов с определенными свойствами, он сказал: "Дайте мне биржевые ведомости, и я берусь на их основе предсказать вам все, что угодно".

Не надо из-за этого считать Роберта Бунзена консерватором в науке. Он им не был. Просто у него в памяти сохранялось немалое число догадок, высказанных по поводу еще не открытых элементов и впоследствии не подтвердившихся. И он, как в большинство исследователей, предпочитал обширному болоту предсказаний, пусть узкую, но верную тропку экспериментов.

Знал Буабодран про высказывание Бунзена о биржевых ведомостях или не знал, не известно. Но вряд ли сам он, уже немолодой, 36-летний экспериментатор, придерживался иных взглядов на возможности теории. Тем не менее он не мог, ознакомившись с одним из менделеевских предсказаний, не заметить редкостного совпадения найденных из опыта свойств галлия с предсказанными свойствами гипотетического "экаалюминия". Совпадал их атомный вес. Совпадая метод обнаружения. Совпадали реакции их соединений с соединениями других элементов. Не совпадала только плотность.

И Лекок де Буабодран решил последовать совету, полученному из далекой России. Он тщательно очистил галлий от примеси натрия и заново измерил плотность нового элемента.

Петербургский профессор, в глаза не видевший галлия, оказался прав: плотность оказалась 5,9, а не 4,7.

ХОЧЕШЬ ВЕРЬ — ХОЧЕШЬ ПРОВЕРЬ

Издавна принято гордостью семьи считать первенца, старшего сына. Именно его объявляли, как правило, наследником монарха. И в палату лордов, и в боярскую думу вступал старший в роде. И неделимые отцовские поместья тоже доставались ему. И только сказки почему-то всегда держали сторону младшего…

Что касается истории науки, то тут дело обстояло тоже не совсем так, как в высшем обществе. Кавендиш, например, был не первым, а вторым сыном герцога Девонширского. Роберт Бойль — не первым, а седьмым сыном графа Корка. Про Джона Дальтона точно известно, что у него был старший брат…

27 января 1834 года в городе Тобольске, в семье директора городской гимназии Ивана Павловича Менделеева и жены его Марьи Дмитриевны родился семнадцатый ребенок, нареченный в честь деда Дмитрием.

Детство его прошло в тридцати верстах от города, в деревне Аремзянке. Там он впервые увидел чудеса: на маленьком заводике самый обыкновенный песок превращался в прозрачное стекло.

Когда Дмитрий Иванович окончил Тобольскую гимназию, отца уже не было в живых. Мать отвезла младшего сына в Петербург и там исхлопотала ему возможность на казенный счет учиться в педагогическом институте. Пока учился — много болел. Врачи решили — чахотка и приговорили его к ранней смерти.

По окончании института Менделеев уехал в Крым. На юге ему посчастливилось встретиться с знаменитым медиком Николаем Ивановичем Пироговым. Тот осмотрел юношу и сказал: "Проживешь до ста лет, нет у тебя никакого туберкулеза!"

Менделеев поверил Пирогову, вскоре вернулся в Петербург и прожил в тамошнем нелегком климате, правда, не до ста, а до семидесяти трех лет — всегда в непрестанной работе.

Позже его часто называли гением. "Какой там гений, — говорил он. — Трудился всю жизнь, вот и стал гений!"

Трудился всю жизнь. Спускался в угольные шахты. Поднимался на воздушном шаре. Исследовал нефтяные промыслы Кавказа и Америки, Хлопотал об открытии северного морского пути. Учил студентов. Писал книги. Выводил на чистую воду лжеученых…

Но главным делом жизни Менделеева стал открытый им закон природы: периодический закон химических элементов.

…Про открытие законов природы сложено немало легенд.

Про Архимеда, который с криком "Эврика!" выскочил из ванны, обнаружив, что погруженное в воду тело теряет в весе ровно столько, сколько весит вытесненная им вода. И про Ньютона, открывшего закон всемирного тяготения, глядя на падающее яблоко. И про Демокрита, предсказавшего атомы.

О великом открытии Менделеева тоже существуют разные рассказы.

Один из них называется:

Интервью

Репортер газеты "Петербургский листок":

— Как вам пришла в голову, Дмитрий Иванович, ваша периодическая система?

Менделеев:

— О-о! Господи!.. Да ведь не так, как у вас, батенька! Не пятак за строчку!.. Не так, как вы! Я над ней, может быть, двадцать пять лет думал, а вы считаете: сидел — и вдруг, пятак за строчку, пятак за строчку, готово! Не так-с! Ну-с, все? У меня времени нет…

Другой рассказ — он известен со слов друга Менделеева, чешского химика Браунера — называется:

Картонки

"Когда я начал писать мой учебник, я чувствовал, что мне необходима система, которая позволила бы мне распределить химические элементы. Я нашел, что все существующие системы являются искусственными, а потому непригодны для моей цели; я же добивался установления естественной системы. С этой целью я написал на маленьких кусочках картона знаки элементов и их атомные веса, после чего я начал группировать их различными способами соответственно их сходству. Но этот способ не удовлетворял меня до тех пор, пока я не расположил картонки одну после другой соответственно возрастанию атомных весов…"

Третий рассказ, проведенный в воспоминаниях геолога Александра Александровича Иностранцева, называется:

Во сне

"Как-то я зашел к Д. И. Менделееву по какому-то делу и застал его в превосходном настроении духа; он даже шутил, что было крайней редкостью. Это было вскоре после его знаменитого

открытии закона периодичности элементов. Я, воспользовавшись этим благодушным настроением Дмитрия Ивановича, обратился к нему с вопросом, что натолкнуло его на знаменитое открытие. На это он сообщил, что уже давно подозревал известную связь элементов между собою и что много и долго думал об этом. В течение последних месяцев Дмитрий Иванович перепортил массу бумаги с целью отыскать в виде таблицы эту законность, но ничего не удавалось. В последнее время он усиленно снова занялся вопросом и по его рассказу был даже близок к этому, но окончательно все-таки ничего не выходило. Перед самым открытием закона Дмитрий Иванович провозился над искомою таблицею целую ночь до утра, и все же ничего не вышло; он с досады бросил работу и, томимый желанием выспаться, тут же в рабочем кабинете, повалился на диван и крепко заснул.

Во сне увидел вполне ясно ту таблицу, которая позднее была напечатана.

Даже во сне радость его была настолько сильна, что он сейчас же проснулся и быстро набросал эту таблицу на первом клочке бумаги, валявшемся у него на конторке. Сделал на нем всего одно исправление и отправил в типографию. Возможно, что этот клочок бумаги сохранился и до настоящего времени. Менделеев нередко пользовался для заметок неиспользованными полулистками почтовой бумаги от полученных им записок".

Итак, по первой версии Менделеев открывал свой закон в течение двадцати пяти лет, по второй — открыл его довольно быстро, когда начал писать учебник, по третьей — вообще не открыл, а просто увидел его во сне.

А как было на самом деле?

Глава третья, в которой Менделеев ставит рядом совершенно не схожие атомы

НАХОДКИ В АРХИВЕ

История науки знает поразительные примеры того, как человек, поверивший в легенду, добивался желанного успеха. Шлиман, поверив в поэмы Гомера о подвигах древних ахейцев, раскопал в Турции Трою. Эванс, поверивший в миф о Тезее, раскопал на острове Крите лабиринт. Совсем недавно люди, поверившие в сагу об Эрике Рыжем, обнаружили остатки скандинавских поселений в Америке.

Советский историк науки академик Бонифатий Михайлович Кедров решил проверить рассказы об открытии Менделеева.

Подробно препарировав по документам вековой давности каждый час, а где удалось — и каждую минуту тех дней, Кедров изложил результаты этой проверки в интереснейшем труде "Микроанатомия великого открытия". Это исследование дает возможность шаг за шагом проследить за ходом менделеевской мысли.

Собственно, первый рассказ проверять было нечего. Все работы Менделеева, начиная с магистерской диссертации, так или иначе вели к открытию закона. Менделеев изучал изоморфизм — способность разных элементов замещать друг друга в одном и том же кристалле, не нарушая его первоначальной конструкции. И искал ответа на вопрос: не связано ли это свойство с атомным весом элементов? Потом он занимался изучением удельных объемов простых веществ, а удельный объем — это атомный вес, деленный на удельный вес. Потом он занимался высшими окислами, то есть такими соединениями элементов с кислородом, в которых элементы используют полностью свою валентность — главное Химическое свойство атома, о котором у нас будет подробный разговор чуть позже.

Так что в первом рассказе все было верно: открытие явилось итогом многолетних трудов и раздумий.

А как же другие два рассказа? Картонки? Любовь Менделеева к писанию на сэкономленной бумаге? И сон?

Вот это следовало проверить.

Все бумаги Дмитрия Ивановича Менделеева после смерти его в 1907 году были собраны в старой квартире при Петербургском университете, где он прожил более двадцати лет и сделал свое великое открытие.

В 1924 году в Ленинграде было сильное наводнение, почти как то, что описано Пушкиным в "Медном всаднике". Нева разбушевалась, балтийские воды ринулись в город. А университет стоит на самом берегу. Вода залила квартиру Менделеева, и многие книги подмокли. Те, что остались сухими, служащие университета спешно увязали в пачки вместе с разными документами и сумели сохранить.

Четверть века пролежали эти связки нетронутыми. Только после Отечественной войны младшая дочь Менделеева Мария Дмитриевна, директор Менделеевского музея, стала приводить все это имущество в порядок.

В одной из связок, которую она разбирала, оказались две таблицы элементов, составленные самим Менделеевым. Первая — с множеством пометок, помарок и исправлений, явный черновик. Вторая — чистовая, почти без исправлений.

Это были рукописные наброски самой первой периодической таблицы элементов, отпечатанной в типографии отдельным листком 1 марта 1869 года (по новому стилю — 13 марта) и в тот же день разосланной многим отечественным и иностранным химикам. На чистовом листке была надпись на двух языках — русском и французском: "Опыт системы элементов, основанной на их атомном весе и химическом сходстве, И стояла дата 18 — II/17 — 69, то есть 17 февраля 1869 года.

Долгие часы провел Кедров, внимательно разглядывая листки.

Черновик был сплошной головоломкой.

Серединка листка была почти такой же, как у чистовика, только элементы были расставлены по атомным весам не в порядке возрастания этих весов, а в порядке их уменьшения. Водород оказался слева внизу, а свинец справа вверху.

Но зато вокруг этой серединки — и выше ее, и ниже, и по бокам — царил ужасающий беспорядок: одни символы и цифры были перечеркнуты, другие вписаны, во многих местах стояли вопросительные знаки, некоторые надписи были совсем неразборчивы и непонятны.

Это напоминало, пожалуй, письменный стол во время работы. Он тоже постороннему человеку может показаться хаотическим скоплением книг, рукописей, ящиков с карточками, листков бумаги. Но на самом деле это вовсе не хаос. В этом беспорядке есть свой порядок, своя идея.

На листке как бы запечатлелся ход какой-то мысли. Вот, в нижней его части, столбцы символов элементов с атомными весами. И все зачеркнуты, кроме одного — "ln". И около этого одного, незачеркнутого, стоит знак вопроса. Видно, Менделеев так и не сообразил, что ему с этим "ln" делать. А с остальными сообразил? Очевидно, да, раз он их зачеркнул. Видимо, то, для чего он их выписал, было сделано, и они теперь стали ему не нужны.

А не может ли статься, что именно на этом листке фиксировал Менделеев картину, которая получалась у него, когда он то так, то эдак раскладывал те самые картонные карточки, о которых впоследствии рассказывал Браунеру? Похоже, очень похоже на это…

Но с чего же начал Менделеев? С этого незачеркнутого "ln"? Или с непонятной надписи "несупоб" под символом тербия? Или с такой же непонятной надписи "Невзо"?..

Нет, с какого конца распутывать этот ребус, было неясно.

Второй листок, чистовой, ничем в разгадывании ребуса помочь не мог. Ведь он был написан после того, как работа с черновиком была завершена. А помочь могла бы лишь находка того, что предшествовало черновику…

Впрочем… Впрочем, чистовик как раз и мог помочь — ведь на нем значилась дата!

Не все потеряно. Надо искать. Искать архивные материалы, помеченные той же датой, тем же 17 февраля.

И начались поиски.

Документы менделеевского архива были подшиты не просто по времени их появления, а по темам. В одной папке лежали, например, бумаги, относившиеся к периодическому закону, в другой — к нефтяной промышленности, в третьей — к сельскому хозяйству. Между прочим. Менделеев сельским хозяйством очень интересовался и в своей деревне Боблове ставил множество агрохимических опытов. И вообще, поскольку Менделеев интересовался множеством предметов, то и папок было множество. И в каждой могли оказаться какие-нибудь листки, относящиеся именно к этому дню — 17 февраля.

Прошло немного времени, и Кедров держал в руках еще два документа, датированных тем же числом.

Один был найден сотрудниками музея в собственноручно переплетенном Менделеевым первом издании "Основ химии" — того самого учебника, о котором Менделеев говорил Браудеру, что именно при его написании он и совершил открытие. Найденный листок был испещрен символами химических элементов.

Вторая находка была в папке, отведенной бумагам по сельскому хозяйству; это было письмо секретаря Вольного экономического общества Ходнева по поводу предполагавшегося обследования сыроварен. Но главным было не само письмо, а то, что написано было Дмитрием Ивановичем на его обороте.

НАЧАЛО

Естественное разделение людьми всех вещей, в зависимости от их свойств, на группы привело сначала к учению о четырех первоэлементах. В XIX веке понимание природы вещей было куда более глубоким и детальным. И новое деление веществ на группы соответствовало этому пониманию.

Что существуют блестящие, ковкие металлы — золото, серебро, медь, олово, платина и другие, — было известно очень давно. Теперь к ним прибавились новые блестящие и ковкие элементы: никель, кобальт, алюминий, рутений и много других.

Все эти вещества были словно в родстве. А некоторые из них казались совсем близкими родственниками: например, натрий, калий и прибавившийся к ним в самом начале века литий. Эти металлы были такие мягкие, что их можно было резать ножом. И соединялись с кислородом с такой жадностью, что отнимали его почти у любого другого вещества. А их соединения с кислородом замечательно легко растворялись в воде, образуя едкие щелочи.

Такая же группа похожих элементов была и среди неметаллов. Например, фтор, хлор и бром, так же яростно соединявшиеся с водородом, как щелочные металлы с кислородом. И соединения эти так же легко растворялись в воде. Только получались тут уже не щелочи, а сильнейшие кислоты.

Пожалуй, наиболее интересным свойством атомов, на которое химики обратили особое внимание уже после смерти Дальтона, была так называемая атомность. Это понятие было введено в 1853 году английским химиком Эдуардом Франклендом. Сейчас вместо "атомность" химики говорят "валентность".

Франкленд изучал соединения металлов с органическими радикалами — частями органических молекул, способными вести себя в реакциях подобно атомам. И обнаружил, что натрий может присоединять к себе только один радикал. А цинк — два радикала. Алюминий — три. По этому признаку, по числу присоединяемых радикалов или атомов, все сорта атомов как бы

подразделялись на семь групп. И тут родство некоторых элементов, заметное и раньше, выступило еще явственней.

Щелочные металлы — натрий, калий и литий — оказались одновалентными. Они могли присоединить к себе только по одному атому. А галогены — фтор, хлор и бром — были семивалентными.

Когда лавина элементов стала нарастать и возникла насущная необходимость разобраться в родственных отношениях всех элементов, многие ученые предприняли попытки построить единую систему элементов, положив и основу ее какое-нибудь свойство.

Например, металличность. Скажем, брали один на наиболее активных металлов — литий, натрий пли калин — и ставили его первым, а последним ставили какой-нибудь безусловный неметалл, например, фтор.

Но так систему построить не удавалось. Мышьяк, бор, титан, ванадии и множество других моментов оказывались какими-то промежуточными: в одних случаях они вели себя, как металлы, в иных — как неметаллы.

Пытались взять за основу отношение элемента к кислороду и водороду. Тут все было хорошо, пока речь шла об элементах со сравнительно небольшим атомным весом. А дальше начиналась путаница. Например, фтор с кислородом никак не желал соединяться, но похожий на него йод делал это довольно легко.

Ничего не получалось и с валентностью. Одинаковая валентность была у таких равных элементов, как калий, который сам собой загорается в воздухе, и золото, отличающееся замечательной стойкостью.

Итак, попытки расположить в одном строю все элементы в зависимости от присущих им химических свойств успехом не увенчались.

Но привели к успеху и первые попытки расставить все элементы по порядку их атомных весов. Что это получалась за шеренга! Как забор из неподобранных по размеру палок — одна длинная, другая короткая, одна толстая, другая тонкая. Рядом оказывались, например, кислород, который поддерживает горение, азот, который не поддерживает горения, и углерод, который сам горит. Такой порядок был хуже любого беспорядка.

С чего начал Менделеев, стало понятным только после того, как в руки Кедрова попало письмо, на обороте которого беглым быстрым почерком Дмитрия Ивановича было набросано несколько химических символов, а выше всех, явно написанные первыми, один под другим стояли "Cl и "К".

Хлор и калий. Соседи по весовому строю: атом хлора в

тридцать пять раз тяжелей атома водорода, атом калия — в тридцать девять. И — полная противоположность по химическим свойствам. Самые близкие и одновременно самые далекие.

Такого сопоставления не делал никто. Это было одно из самых неровных мест строя. Это был узел.

Люди обычные ищут обходных путей, пытаются строить, пусть шаткие, но все же мостки через пропасти и рвы, ищут пути полегче. Люди необычные идут прямо, пропасти и рвы преодолевают прыжком, в жизни берутся за самое трудное.

По преданию, оракул обещал владычество над Азией тому, кто развяжет узел на колеснице, пожертвованной в храм фригийским царем Гордием. И вот будто бы узнал об этом Александр Македонский, вошел в храм, обнажил меч и разрубил гордиев узел.

Менделеев тоже ухватился за узел, чтобы его разрубить.

ТРЕТИЙ ЛИШНИЙ

В тот день Менделеев очень спешил. На десять дней, начиная с 17 февраля, получил он испрошенный в университете отпуск. Он должен был ехать в Новгородскую губернию, а затем в Тверскую губернию, а затем в Москву. Кроме обследования сыроварен, порученного ему Вольным экономическим обществом, он хотел еще заехать в Боблово, повидать свое семейство.

Он только что получил почту и, завтракая, читал напутственное письмо секретаря общества.

Но, читая, он не переставал думать о своем. О неуловимой системе изменения свойств элементов.

Он думал о ней уже много лет. Но сейчас система эта была нужна ему, как никогда. Надо продолжать "Основы химии". Он рассказал уже о щелочных элементах — о литии, натрии, калии. О чем писать дальше? О щелочноземельных, самых близких к щелочным, — магнии, кальции, барии, стронции? А потом — о цинке, кадмии? Или о меди, серебре? Нет, лучше все-таки о цинке и кадмии, они двухвалентны, так же, как магний, как все щелочноземельные. Но тогда почему одновалентные, подобно литию и кадмию, медь и серебро должны пропускать вперед двухвалентные элементы?

Где логика? Нет логики!

Верней, она есть, есть в точной последовательности атомных весов. Правда, эта логика физическая, и она пока не считается с

логикой химических свойств.

Конечно, похожее сразу бросается в глаза. Кто не знает, что щелочноземельные элементы напоминают щелочные? А ведь они и по атомным весам следуют один за другим. Близки, очень близки! Натрий 23, магний 24. Калий 39, кальций 40.

Но ведь не везде так. Значит, закон совпадения — изменяющийся закон?

А что, если зайти с другого конца? Поискать среди близких по атомным весам не те, которые химически близки, а как раз наоборот?

Мысль была так парадоксальна, что Менделеев схватил карандаш и на первом подвернувшемся клочке бумаги — на обороте только что полученного письма — записал: "Cl. А под символом хлора: "К". Поднялся и с письмом в руке стремительно прошел в кабинет — благо он был рядом.

Он набросал на том же обороте письма несколько цифр, потом схватил листок чистой бумаги и стал покрывать его символами и взятыми на память цифрами атомных весов.

Но переставлять элементы с места на место на листке бумаги было неудобно.

Менделеев обвел взглядом кабинет, и взгляд его остановился на колоде карт — он любил раскладывать пасьянсы, когда отдыхал.

Вот что ему нужно — карты. Не такие, конечно, а с символами элементов. Чтобы их можно было разложить на столе и перекладывать с места на место.

Менделеев достал из ящика конторки пачку недавно отпечатанных визитных карточек, отсчитал семьдесят штук, остальные отправил обратно в ящик, а выложенные перевернул чистой стороной вверх.

Потом взял первый выпуск "Основ химии", открыл на страничке со списком простых тел и начал проставлять атомные веса элементов. И переносить их на карточки.

И вот уже первая карточка становится водородом, вторая — литием, третья — бором…

Колода готова. Осталось только взять из стопки на столе еще один лист чистой бумаги, чтобы записывать, как ложатся карты.

О поездке уже не могло быть и речи.

Менделеев разделил все карточки на четыре кучки. В первую он собрал группы элементов, сходство которых не вызывало у него никаких сомнений, а свойства были хорошо известны — и атомный вес, и валентность, и характер сродства с другими элементами. Таких карточек набралось двадцать семь штук: щелочные металлы — литий, натрий, калий, рубидий, цезий;

галогены — фтор, хлор, бром, йод; затем кислород и во многом схожие с ним сера, селен, теллур; затем сходные по многим признакам азот, фосфор, мышьяк, сурьма, висмут; еще семейство — углерод, кремний, олово; еще похожие — магний, цинк, кадмий; наконец, явно близкие — медь, серебро, ртуть. К последней группе можно было бы добавить еще и золото. Но уж очень оно походило на платину и атомный вес почти такой же: золото — 197, платина — 194.

Вместе с золотом, платиной и совсем уже близкими к платине палладием, родием, рутением, иридием и осмием он отложил карточки некоторых, недостаточно изученных тяжелых элементов.

Третью кучку составили не очень ясные по своему родству, но более легкие элементы, вроде бора, алюминия, кобальта.

И, наконец, в четвертую попали несколько совсем почти не изученных, недавно открытых, чрезвычайно редких элементов, таких, как иттрий или, например, индий.

Теперь можно было строить таблицу, используя в первую очередь карточки из первой кучки.

Менделеев взял первое семейство щелочных металлов и построил его в ряд. Сперва самый легкий литий, за ним потяжелее — натрий, за ним еще более тяжелый — калий, потом еще более тяжелый — рубидий: последним встал самый тяжеленный — цезий, с атомным весом 133, недавно открытый Бунзеном и Кирхгофом, но, несомненно, относящийся к этому семейству: жадность его к кислороду была столь велика, что держать его можно было лишь в запаянном сосуде.

Под щелочные металлы Менделеев положил карточки галогенов. Так, чтобы один под другим стояли соседи по атомному весу: под литий с атомным весом 7 ставить ничего не пришлось — галогена с атомным весом легче 18 не существовало. Этот самый легкий галоген фтор пришелся под натрием, хлор — под калием, бром — под рубидием, йод — под цезием.

Точно так же, как калий и хлор, все остальные пары элементов были ближайшими соседями по атомному весу и совершенными противоположностями по свойствам. Если один в паре был одновалентен, то другой непременно семивалентен.

Дорога была правильной. Можно было двигаться дальше.

Кислород — под фтор, серу — под хлор, селен — под бром, теллур — под йод: шестивалентные под семивалентными.

Теперь пятивалентные: азот — под кислород, фосфор — под серу, мышьяк — под селен, сурьму — под теллур.

А висмут куда же? Над ним нет ни родственника кислорода, ни родственника йода… Ладно, пусть пока стоит в одиночестве,

без пары. Есть же еще элементы и в других кучках! Может, какой-нибудь подойдет…

Не все ладно получилось и в следующем, углеродном семействе, которое встало ниже. Здесь не нашлось подходящей пары для мышьяка. Углерод с атомным весом 12 расположился под азотом с атомным весом 14; кремний с атомным весом 28 расположился под фосфором с атомным весом 31. Везде разница в две-три единицы: соседи! А под мышьяком с атомным весом 75 оказалась дырка.

Расставив остальные элементы первой кучки, многие из которых тоже оказались без пар или без родственников, Менделеев принялся разыскивать места карточкам из других кучек.

Он начал с семейства щелочных земель: тут похожие друг на друга элементы оказались ближайшими соседями и по росу — кальций с атомным весом 40 встал над калием с атомным весом 39, магний (24) над натрием (23), стронций (87) над рубидием (85), барий (137) над цезием (133).

Правда, литий снова остался без нары. Вот уже все карточки выстроились по порядку атомных весов в семь шеренг — по числу семейств элементов. И над литием оказался… бор, ничем не похожий на магнии или кальций элемент, не двухвалентный, как щелочноземельные, а трехвалентный, как алюминий. Что за странность?

Менделеев еще раз тщательно проверял начало таблицы. Литий, атомный вес 7, одновалентный металл. Бор, атомный вес 11, вроде бы похож на металл, трехвалентен. Углерод, атомный вес 12, промежуточный элемент между металлами и неметаллами, четырехвалентен. Азот, вес 14, неметалл, пятивалентен. Бериллий, вес чуть больше 14, металл, трехвалентен. Кислород, вес 10, неметалл, шестивалентен. Фтор, вес 19, неметалл, семивалентен. Натрий, вес 23, металл, одновалентен…

Стоп! С одновалентного натрия должна начинаться вторая семерка…

Натрий, вес 23, одновалентный металл. Магний, 24, металл, двухвалентен. Алюминий, 27, металл, трехвалентен. Кремний, 28, промежуточный элемент, четырех валентен. Фосфор, 31, неметалл, пятивалентен. Сера, 32, неметалл, шестивалентна. Хлор, 35, неметалл, семивалентен. Калий…

Вторая семерка была образцовой — атомные веса шли один за другим без перебоя, и валентность у каждого последующего элемента увеличивалась ровно на единицу.

Менделеев снова возвратился к первой семерке. Элементы

здесь стояли неправильно. И неправильностей было две. Первая: после одновалентного лития стоял трехвалентный бор. Вторая: после пятивалентного азота стоял трехвалентный бериллий.

Если первая неправильность была совсем непонятной, то вторая объяснялась тем, что бериллий явно попал не на свое место. Не будь его тут, после пятивалентного азота шел бы шестивалентный кислород. И вообще азот и кислород такая же пара, как другие элементы этих двух шеренг: фосфор и сера, мышьяк и селен. А бериллий тут — третий лишний!

Как он попал на чужое место?

Глава четвертая, в которой Менделеев разгадывает загадку бериллия

БЕРЦЕЛЕУС ИЛИ АВДЕЕВ?

Атомный вес бериллия — 14,1. Значит, его место между азотом и кислородом.

Но в таком случае нарушался строй всей первой семерки элементов. Получалось, как в известном с давних времен анекдоте, когда весь взвод шел не в ногу, а в ногу шагал только один поручик.

Надо было к этому странному "поручику" присмотреться получше.

…С глубокой древности были известны и высоко ценились прозрачные, густо-зеленые изумруды и зеленовато-голубые аквамарины.

А такие же по форме кристаллы, но бесцветные, называли "бериллами", от греческого слова "бериллос" — "блестящий", "сверкающий".

Изумруды и аквамарины вставляли в короны и скипетры царей, а бериллы знатные римляне употребляли вместо очков или, точнее, вместо луп.

Во второй половине XVIII века, когда химики начали подвергать анализу все природные минералы, этой участи не миновал и берилл.

Именно тогда удалось установить, что изумруд, аквамарин и берилл — это, в сущности, одно и то же. Потому и форма кристаллов у них одинаковая. А разный цвет зависит от ничтожных примесей других веществ: в аквамарине есть железо, в изумруде — железо и хром.

Из чего же состоят эти драгоценные камни?

Считалось, что из глинозема — земли, из которой впоследствии был выделен элемент глиний, позже названный алюминием, и из кремнезема — земли, из которой впоследствии был выделен элемент кремний.

И только в 1798 году француз Луи Никола Воклен открыл в берилле, помимо кремнезема и глинозема, еще одну новую землю.

Она была очень похожа на глинозем. Но были у нее и кое-

какие отличия — они и помогли ее выделить. Например, в одной из мягких щелочей — в углекислом аммонии — глинозем ни за что не хотел растворяться, а новая земля растворялась довольно легко. И еще: образуемые этой землей соли имели сладкий вкус.

По этому признаку Воклен и решил назвать открытую им в берилле новую землю глициной — от греческого слова "гликос" или "глюкос", что означает "сладкий". (От этого же греческого прилагательного образовано слово "глюкоза").

Но в то же примерно время был открыт элемент иттрий, и его соли тоже оказались сладкими. И шведский химик Экеборг предложил землю, полученную из берилла, так и называть — берилловой.

У нас в стране выделенный из берилловой земли элемент долго именовался глицием, глицинием, глицинитом и даже сладимцем. Но в конце концов, как и в других странах, его стали называть бериллием.

Из-за трудности отделения окиси бериллия от окиси алюминия (глинозема) бериллий принято было считать родственником алюминия.

И раз алюминий был трехвалентным, считалось, что и бериллий тоже трехвалентен и что окись бериллия, подобно глинозему, имеет формулу Be_2O_3. И что хлористый бериллий, подобно хлористому алюминию, имеет формулу $BeCl_3$. Так писал известнейший химик первой половины XIX века швед Иенс Якоб Берцелиус.

Правда, с Берцелиусом не соглашался русский химик Иван Васильевич Авдеев. Он долгое время работал на Урале, богатом аквамаринами, изумрудами и бериллами, и хорошо изучил их, а также сделал анализы сернокислого глиция и хлористого глиция, и двойных солей глиция с калием. Авдеев доказывал, что чаще всего глиций ведет себя подобно магнию, а вовсе не подобно алюминию. Но в Западной Европе не очень считались с исследованиями русских химиков. И мнение Авдеева общепринятым не стало.

Менделеев эти работы Авдеева, опубликованные в том же "Горном журнале", в котором была напечатана и первая статья Менделеева, знал и высоко ценил. И, задумавшись о месте бериллия в таблице, он сразу же вспомнил об исследованиях Авдеева.

ЗАКОН ЕСТЬ ЗАКОН

А что если прав Авдеев, а не Берцелиус? — думал Менделеев. Если бериллий действительно собрат не алюминия, а магния? Если он двухвалентен, а не трехвалентен?

Ведь тогда и место ему будет не в шеренге алюминия, а в шеренге магния.

Менделеев убрал карточку с символом "Be" с ее прежнего места.

Теперь азот и кислород сомкнули ряды, и здесь восстановился такой же полный порядок, как во второй семерке: после пятивалентного элемента с атомным весом 14 шел шестивалентный с атомным весом 16.

Но куда девать бериллий? В шеренге магния есть только одно незанятое место рядом с литием. А с литием встать ему никак нельзя — бериллий с атомным весом 14,1 будет тогда стоять раньше бора, а у бора атомный вес всего 11 — на три единицы меньше…

Впрочем, если уж верить Авдееву, так до конца!

Откуда взялся у бериллия его атомный вес — 14,1? Одно из определений было таким. Разложили хлористый бериллий на бериллий и хлор. Взвесили и то и другое. Оказалось, на 35,5 грамма хлора приходится 4,7 грамма бериллия. Атомный вес хлора известен — 35,5. Каков же атомный вес бериллия? А это зависит от того, сколько атомов бериллия в одной молекуле соли. По Берцелиусу, в хлористом бериллии на один атом хлора приходится три атома металла, как и в хлористом алюминий. Значит, чтобы найти атомный вес бериллия, надо эти самые 4,7 умножить на три. Вот и получилось 4,7Х3 = 14,1.

Но ведь по Авдееву, на один атом хлора приходится не три, как у алюминия, а два, как у магния, атома бериллия. И тогда его атомный вес…

Менделеев перечеркнул на карточке бериллия цифры "14,1" и размашисто вывел новые цифры: "9,4". И поставил карточку туда, где она должна была находиться в соответствии с новым атомным весом, — между литием и бором.

Теперь эта семерка выглядела так. Первым шел одновалентный металл литий, вторым — двухвалентный металл бериллий, третьим — трехвалентный промежуточный элемент бор, четвертым — четырехвалентный промежуточный элемент углерод, пятым — пятивалентный неметалл азот, шестым — шестивалентный неметалл кислород, седьмым — семивалентный неметалл фтор.

Уже не одна семерка, а четырнадцать карточек подтверждали то, что Менделеев предчувствовал, а именно — соответствие

химических свойств атома его физическим свойствам.

Не простое соответствие, далеко не простое! Расположи элементы в один ряд — и ничего не увидишь. Но вот так, когда стоят они в семь шеренг, видно, это строй этот — естественный.

В самом деле, вот первый из четырнадцати, литий. Очень активный металл, на воздухе он сразу покрывается рыхлой коркой окисла, а уже при слабом нагреве воспламеняется. С водой дает едкую щелочь.

Второй, бериллий, тоже металл, но менее активный. На воздухе окисляется медленно. И пленка окисла у него тоненькая, плотная. А чтобы воспламенить его, нужен очень сильный нагрев. Раствор окисла в воде тоже имеет щелочные свойства, но слабые.

Третий, бор, кое в чем еще проявляет металлические свойства, но в основном ведет себя уже как неметалл. На воздухе, при нормальной температуре, не окисляется совсем. Раствор окисла в воде почти не обнаруживает щелочных свойств, чаще обнаруживает кислотные.

Четвертый, углерод, еще ближе к неметаллам. Соединение углекислого газа с водой — это уже настоящая кислота, хоть и слабенькая.

Следующий, пятый в первой семерке элемент, азот — это уже типичный неметалл; правда, еще очень неактивный. С кислородом не желает вступать в соединения до тех пор, пока его как следует не разогреют — выше 1000 градусов! Но с водой окись азота дает сильную азотную кислоту.

Куда более агрессивен шестой элемент, кислород. Вот уж неметалл так неметалл! С активными металлами он соединяется яростно, со взрывом. Только несколько самых стойких, благородных металлов, вроде золота, платины, серебра, не поддаются окислению.

Еще более активный неметалл — седьмой элемент, фтор. Он до такой степени активен, так цепко соединяется с другими веществами, что в то время, о котором идет речь, его никто еще не сумел выделить в свободном виде.

Казалось бы, конструируй мир атомов человек, он сделал бы восьмой элемент еще более активным неметаллом, чем фтор, но… на восьмом месте, рядом с фтором, стоял натрий, такой же и даже еще более активный щелочной металл, чем литий, с которого все началось. Круг замкнулся. А верней — с натрия элементы пошли на второй круг.

Девятый, магний, был подобен второму — бериллию. Десятый, алюминий — третьему, бору. Одиннадцатый, кремний — четвертому, углероду. И так вплоть до четырнадцатого, хлора подобного седьмому, фтору.

Менделеев взглянул на пятнадцатую карточку. Это был калий. Опять скачок, опять переход от медленного, постепенного изменения свойств к внезапному, резкому, контрастному: от самого активного неметалла к самому активному металлу. Элементы уходили на третий круг.

Так вот каким оно было — долго скрывавшееся от людских глаз соответствие между физическими и химическими свойствами атомов! Химические свойства зависели от атомного веса, они изменялись в соответствии с его изменением, но не однообразно, а периодически, сперва плавно, потом скачком, потом опять плавно, потом опять скачком и так далее.

Но скоро сказка сказывается, да не скоро дело делается…

ПУСТЫЕ МЕСТА

Собственно, только эти пятнадцать элементов пока не портили общую прекрасную картину.

Уже следующий за калием кальций, хоть и шел, подобно магнию, после очередного щелочного металла, но становиться в одну шеренгу с магнием и бериллием не желал. Для того чтобы мало-мальски прилично расположить другие семейства элементов — ванадия, ниобия, тантала или хрома, молибдена, вольфрама или меди, серебра, ртути — пришлось кальций, стронций и барий оторвать от других щелочноземельных элементов — бериллия и магния — и поставить отдельно дополнительной шеренгой.

И при этом получалось, что между бериллием и магнием стояло семь элементов, между магнием и кальцием тоже семь, а между кальцием и следующим щелочноземельным элементом стронцием — уже семнадцать.

То же самое получалось и с щелочными: литий от натрия и натрий от калия отделяли семь элементов, а калий от рубидия — семнадцать.

Почему в одном месте семь, а в другом семнадцать?

Непонятно. Но хорошо уж и то, что через семнадцать повторялись все семейства, что они подчинялись какому-то пусть непонятному, но одному и тому же закону.

Странно выглядело и положение первого, самого легкого элемента, водорода: он стоял особняком. Рядом с ним, одновалентным газом, не было ни двух-, ни трех-, ни четырех-, ни пяти-, ни шести-, ни семивалентных элементов, хотя от атомного

веса водорода атомный вес его ближайшего соседа лития отделяли шесть единиц.

Это казалось странным потому, что между литием и его ближайшим соседом бериллием разница в весе едва превышала две единицы. И разница между бериллием и следующим за ним бором, между бором и следующим за ним углеродом, между углеродом и следующим за ним азотом и далее тоже была примерно в две единицы.

Но водород еще не разрушал весь порядок. В конце концов его можно поставить самым первым, как бы вывести за скобки. Правда, непонятно за что водороду такая честь. Но подобные вопросы следовало пока отложить.

Можно было "закрыть глаза" и на некоторые неясности с малоизученными элементами.

Например, по скудным сведениям об эрбии, иттрии, индии, тербии, церии, лантане, дидиме нельзя было судить об их химических свойствах. Их атомные веса совпадали с атомными весами других, и притом достаточно хорошо известных элементов. Например, атомный вес у индия значился около 75. Но именно таков был вес атома прекрасно изученного мышьяка. А эрбию приписывали атомный вес 56, такой же атомный вес был и у железа, изученного еще более подробно, чем мышьяк. Эти новые редчайшие элементы не входили в основные семейства и поэтому они пока особенно не метали. Придет время, их изучат получше, тогда все и утрясется.

Но был элемент, который входил в одно из главных семейств, обязан был входить по своим химическим свойствам, а вот по атомному весу не имел на это права. Речь шла о теллуре — тоже довольно редком, но все же неплохо наученном элементе. Очень похожем на селен, и вместе с ним входящем в одну семью с серой и кислородом.

По своему положению в шеренгах он мог располагаться только в одном месте; между сурьмой, принадлежащей к семейству кремния-углерода, и йодом из семейства галогенов. Но вот бода: атомный вес сурьмы 122, атомный вес йода 127, а вес атома теллура 128.

Что делать?

Менделеев поступил с теллуром точно так же, как еще раньше с бериллием — поставил куда следовало, не считаясь с его общепринятым атомным весом.

Правда, для бериллия было некоторое основание: исследования Авдеева. А с теллуром таковых не было, если не считать совершенно отчетливо проглядывающего, несмотря на все огрехи и непонятности, закона природы. Закона, связывающего

скачкообразной, периодической зависимостью атомный вес элементов с их химическими свойствами.

Закон есть закон!

В данном случае диктовали химические свойства, а вес… вес мог быть определен неправильно.

Так же неправильно, по всей вероятности, определен был атомный вес редкого металла тория, потому что такой же вес значился у достаточно распространенного олова — 118.

Так или иначе, почти все карты нашли свое место. И символы элементов с их атомными весами значились на листке черновика, окруженные со всех сторон всевозможными пометками — следами размышлений и подсчетов.

Однако посередине таблицы зияла дыра — пустое место между мышьяком, цинком, оловом, ураном, кремнием, алюминием.

Занять пробелы соседними карточками было невозможно. Если влево сдвинуть стоящее справа от пустого места олово с атомным весом 118, то оно примкнет к мышьяку с атомным весом 75 — явная несуразность. Не может стоять после мышьяка и кремний: его атомный вес всего-навсего 28. И олово и кремний могли заполнять пустое место только одной ценой — уничтожением последовательности атомных весов элементов. Но тогда только что найденный закон превратился бы в полное беззаконие.

А если пустое место заняли бы соседи не с боков, а сверху либо снизу?

Нет, и это уничтожало закон. Опустившись вниз, мышьяк из своего семейства пятивалентных попадал бы в чуждое семейство, четырехвалентных. По той же причине не мог подняться и цинк, Если бы мышьяк или цинк это сделали, то было бы нарушено соответствие между атомными весами и химическими свойствами элементов.

Но не мог же строй элементов оставаться с пустыми местами!

Глава пятая, в которой Менделеев преодолевает пропасть и наводит среди элементов порядок, которому, однако, подчиняются не все

ЧЕРЕЗ ПРОПАСТЬ

Менделеев пристально разглядывал пустое место в таблице элементов. Собственно говоря, это было не одно, а два пустых места: тут могли разместиться как раз две карточки. Одна встала бы в шеренгу углерода после кремния, а другая — в шеренгу бора после алюминия.

Нужны были именно две карточки, потому что и в семействе углерода, и в семействе бора не хватало третьего соседа. Так диктовала последовательность изменения химических свойств: не мог же сразу после кремния, настолько близкого к неметаллам, что его двуокись в соединении с водой дает кислоту, идти такой несомненный металл, как олово! Внутри семейства химические свойства элементов всегда изменялись плавно. Ведь не шла же сразу после фосфора сурьма или сразу после серы теллур. Нет, между ними стояли промежуточные по своим свойствам элементы: в первом случае мышьяк, во втором — селен. Вот и в семействах углерода и бора явно не хватало таких промежуточных элементов.

О нехватке именно двух элементов свидетельствовала и последовательность изменения атомных весов. Разница между ближайшими атомными весами в средней части строя либо один, либо два, либо, в крайнем случае, пять, а между цинком, атомный вес которого около 65, и мышьяком, атомный вес которого 75, разница в десять единиц? Что за пропасть? С чего бы это вдруг?

Менделеев еще раз перебрал карточки слабо изученных элементов. Но подойдет ли сюда один из них? Но по отрывочным сведениям трудно было утверждать что-либо определенное.

Если судить по атомным весам, то где-то в этом районе мог стоять индий. Атомный вес у него считался чуть большим, чем у мышьяка, а надо бы хоть на пяток единиц поменьше.

Или, может быть, иттрий? У него атомный вес 60, на пять единиц меньше цинка, а надо бы как раз на столько больше!

Или эрбий… Правда, атомный вес у него будто бы 56…

Менделеев взял ручку и на полях черновика попытался пересчитать атомные веса этих и некоторых других редчайших, малознакомых элементов. Но ничего нужного не получилось.

И все-таки с этой пустотой надо было что-то предпринимать! И он ставил туда то одну, то другую карточку — из тех, что не нашли себе подходящего места. И заносил их на черновик, заполняя тем самым пустоту в строю элементов. И снова зачеркивал их символы двумя или тремя тонкими черточками.

В конце концов, он перечеркнул их на листке жирно-жирно, отказавшись от попыток решить вопрос с помощью четвертой кучки слабо изученных элементов.

И стал думать о других, не таких зияющих, но все же, если приглядеться, заметных пустотах.

Первая — она уже и раньше бросалась в глаза — находилась между водородом и литием: целых шесть единиц разницы, а дальше разница шла всего в две единицы. Безусловно — пропасть.

Вторую пустоту он обнаружил после кальция. Атомный вес этого элемента был 40, а следующий атомный вес был 50 — у титана. И это в то время, как предыдущий, стоящий перед кальцием, калий отличался от него лишь на одну единицу. И на такую же единицу отличался от титана стоящий за ним ванадий. Единица — десятка — единица. Снова пропасть!

Не многовато ли?

И хорошо, что многовато! Была бы одна, это означало бы случайность. А раз не одна, раз много — значит, не случайно, значит, закономерно, значит, нечего и пытаться строить шаткие мостки, а надлежит шагнуть через пропасти?

И Менделеев сделал третий гигантский шаг.

Первый был — когда он поставил рядом калий и хлор. Второй — когда рассчитал истинный атомный вес бериллия.

Теперь он взял две чистые карточки, на одной написал"? = 70", на другой"? = 68" и заполнил ими зияющую в середине таблицы пустоту.

Пустые места, пропасти между элементами — это еще на известные, но, безусловно, существующие в природе сорта атомов. Это неоткрытые элементы!

Неплохо бы найти подходящие места и для нескольких редких элементов, чьи атомные веса дублируют атомные веса других, хорошо известных. Но тут он был бессилен. У него не хватало сведений: о тербии, например, Бунзен писал, что его вообще не существует.

Менделеев снова наклонился над столом, придвинул к себе уже весь исписанный лист бумаги, окружил на нем символ тербия

жирным кружком и для памяти пометил: "не су по б", то есть "не существует по Бунзену".

Потом начал зачеркивать символы других, таких же сомнительных элементов, но на индии снова задержался, зачеркивать его символ не стал, а после минутного раздумья написал перед ним: "невзо", то есть "не взошли", не нашли себе места в таблице.

Все!

Менделеев встал с кресла, подошел к дивану, совсем уже без сил упал на него и, как был, не раздеваясь, заснул.

ПЕРВОЕ ПОДТВЕРЖДЕНИЕ

Сколько проспал он так — час, два, три — не известно.

Известно только, что в тот же день он переписал черновик набело, поставил на чистовике дату и отправил его в типографию.

А еще известно, что чистовик… не соответствовал черновику.

В черновике элементы были поставлены так, что их атомный вес уменьшался от начала к концу. А в чистовой таблице наоборот. Словно кто-то скомандовал строю элементов: "Кругом!"

Но кто это мог сделать в то время, когда автор таблицы спал? Или следует поверить тому, что написал в своих воспоминаниях Иностранцев? Может быть, новую таблицу элементов Менделеев и правда увидел… во сне?

Ничего сверхъестественного тут нет. Он спал — а мозг продолжал работать. После напряженного творчества так бывает нередко…

И, проснувшись, Менделеев мог не делать исправлений в черновике, а прямо набело переписал его так, как увидел во сне.

По сравнению с черновиком есть на этом листке с датой "17 февраля 1869 года" еще несколько изменений. По-видимому, больше всего в последние часы и минуты этого дня размышлял Менделеев о пропастях, о пустых местах. И он заполнил еще четыре таких пустых места цифрами атомных весов неоткрытых элементов. Одно — между водородом и литием, другое — между литием и бериллием (8), третье — между натрием и магнием (22), четвертое — между кальцием и титаном (45).

Перед тем как отослать листок в типографию, Менделеев первое дополнение — элемент между литием и водородом — зачеркнул.

Потом, через несколько дней, он распорядился убрать из

таблицы и элементы с атомным весом 8 и 22.

Все же остальное так и осталось, как было на листке с датой "17 февраля 1869 года".

Первого марта отпечатанный в типографии "Опыт системы элементов, основанной на их атомном весе и химическом сходстве" Менделеев разослал своим коллегам — российским и иностранным.

Разослав первый, во многом еще несовершенный "Опыт системы элементов", первую опытную конструкцию модели закона природы, согласно которому химические свойства элементов находятся в периодической зависимости от их атомного веса, Менделеев написал краткую статью о своем открытии для "Журнала Русского Химического Общества" и отправился наконец обследовать сыроварни.

Но, конечно, отключиться от периодического закона он не мог. И во время поездки, и после возвращения в Петербург, он продолжал уточнять и обосновывать наметившиеся закономерности в отношениях между элементами.

Он понимал, что никакой научный закон не будет признан, если он ограничивается объяснением уже известных фактов.

Даже закон всемирного тяготения, так замечательно объяснивший движение всех видимых тел, не мог считаться доказанным законом природы, пока французский астроном Урбен Жан Жозеф Леверье не предсказал на его основе, что неправильности в движении планеты Уран объясняются существованием еще не открытой планеты, которая движется вокруг Солнца так-то и так-то, и пока немецкий астроном Иоганн Галле не открыл эту предсказанную планету — Нептун — как раз в предсказанном месте…

Собственно говоря, первые предсказания Менделеев сделал уже в ходе открытия периодического закона.

Он предсказал, что атомный вес бериллия гораздо меньше, чем принятый исследователями, а именно превышает атомный вес водорода не в 13–14 раз, а примерно в 9. И что должны существовать еще неоткрытые элементы с атомным весом 45, 68 и 70.

Теперь следовало заняться этим подробно и тщательно.

Прежде всего было ясно, что в атомных весах очень многих элементов царит беспорядок. И в основном по той же причине, что привела к неправильному определению атомного веса бериллия.

Именно: многие химические элементы были еще плохо изучены. И конечно, хуже всего — очень редкие и позже других открытые элементы — те самые, что "невзо" в таблицу. А также,

которые "взошли", но тем не менее выглядели в ней странно. Например, уран.

Его окись прекрасно соединялась со щелочами, совершенно так же, как окись хрома. Или как окись вольфрама. А вовсе по как окись бора или алюминия, в родственники которым он попал из-за своего атомного веса.

Бор и алюминии — трехвалентные, а хром и вольфрам — шестивалентные. Так что, если уран подобен хрому и вольфраму, а не бору и алюминию, то и он не трехвалентен, а шестивалентен. И значит, принятый химиками атомный вес его 120 на самом деле надо помножить на два, и будет он тогда 240, и окажется уран в таблице самым последним элементом.

И у многих из тех, которым вообще не нашлось в таблице места, на самом деле, вероятно, другой атомный вес.

Ну, хотя бы торий. По таблице атомных весов Берцелиуса ему присвоен атомный вес такой же, как у олова. Но недавно обнаружилось, что хлористый торий летуч, как хлористый цирконий. И вовсе не похож на хлористый магний — вполне прочную на воздухе соль вроде поваренной.

А ведь считалось, что ториевая земля подобна магнезии. Исходя из этого и был установлен атомный вес тория. Его тоже надо бы удвоить. И тогда торий перейдет в конец таблицы и встанет далее свинца, перед ураном.

И с индием, и с церием тоже все станет ясно, если согласиться с тем, что оба они сходны с бором и алюминием. Тогда атомный вес индия будет не 75, а 113, а церия — не 92, а 138, и разместить их в таблице будет довольно просто.

Менделеев был настолько уверен в открытом им законе, что не стал дожидаться проверки предсказаний и внес новые атомные веса в таблицу элементов.

В последующем он усовершенствовал ее. Сдвоил ряды и больших периодах (начиная с калия) и все периоды расположил не по вертикали, как ранее, а по горизонтали. Такая таблица была гораздо удобнее и понятнее, чем первоначальная. Менделеев назвал ее "Естественной системой элементов".

Прошло всего несколько месяце", и Менделеев получил известие о том, что Бунзен опытным путем заново определил атомный вес индия. Он оказался равным 113!

ЭКАБОР, ЭКААЛЮМИНИЙ, ЭКАСИЛИЦИЙ

Для Менделеева этого известия было вполне достаточно. Теперь он не просто верил, а точно знал, что его "Естественная система элементов" по праву носит свое название, ибо такова

природа вещей.

Но согласно с ним мыслили в ту пору лишь несколько человек. А огромное большинство людей, в том числе химиков, и не подозревали о свершившемся перевороте. Должно было произойти какое-то очень заметное событие, чтобы люди изменили привычные взгляды на мир веществ, чтобы увидели, какой могучий новый "инструмент" есть уже в науке и чтобы начали им пользоваться.

Ну, что такое исправление атомного веса? Сколько человек заметят такое происшествие?

А вот открытие нового элемента — это событие. Об этом пишут все газеты.

И такое событие — из неожиданного и случайного — он, Менделеев, может сделать теперь ожидаемым и закономерным.

Среди пустот, среди пропастей "Естественной системы элементов" более других поражало отсутствие двух элементов, сходных с бором и алюминием. Первый из них, более легкий, Менделеев назвал экабором, а второй, более тяжелый, — экаалюминием. "Эка" — по-санскритски (древнеиндийски) означает "один". Так что получалось что-то вроде: "еще один бор" и "еще один алюминий".

Но "Естественная система элементов" позволяла не только предсказать место, на которое после открытия можно будет поставить в таблицу новые элементы. И не только дать им названия, указывающие на их родственные связи с другими элементами. Она позволяла довольно точно предсказать множество свойств этих новых элементов.

Скажем, экабор.

Разумеется, Менделеев начал с атомного веса. Он проставил его еще в самой первой таблице, в "Опыте системы элементов". Почему именно 45? Да потому, что в очереди атомных весов экабор стоит между кальцием с атомным весом 40 и титаном с атомным весом 50. А 40 + 50, деленные на 2, как раз и дадут 45. По "Закону триад" Деберейнера.

В том, что это будет металл, больших сомнений быть не могло: уже бор обнаруживал некоторые металлические свойства, алюминий, стоящий к экабору ближе, чем бор, был настоящим металлом. Да и соседи справа и слева — кальций и титан — тоже были металлами.

Что еще можно сказать об этом неведомом экаборе? Легкий это металл или тяжелый? Удельный вес кальция — полтора. Удельный вес титана — четыре с половиной. Экабор стоит между ними, значит — три. Немного потяжелей алюминия.

А что можно сказать про окись экабора? Как и глинозем, она

будет состоять из двух атомов металла и трех атомов кислорода. Будет нелетучей, неплавкой, нерастворимой в воде — все кругом нелетучи, неплавки, нерастворимы.

И сам экабор будет нелетуч, так что спектроскопом ето не ухватишь.

А вот другой не открытый пока элемент этого семейства — экаалюминий, скорее всего, будет летуч. Ведь расположенные под ним индий и таллий были открыты методом спектрального анализа.

Этот металл, с атомным весом, близким к 68, будет, конечно, еще более тяжелым, чем экабор, по всей вероятности, вдвое тяжелее его.

А как он будет плавиться? Поглядим… Медь, цинк, экаалюминий… Медь плавится при тысяче ста градусах, цинк — при четырехстах двадцати… Если дело пойдет так и дальше, то экаалюминий будет плавиться при температуре еще по крайней мере в три раза меньшей, чем цинк. Это окажется один из самых легкоплавких металлов!

Третий из явно пропущенных элементов — экасилиций. Сосед кремния, олова и мышьяка, он должен был настолько же походить на них, насколько сам мышьяк походил на фосфор, сурьму и селен.

Плавкий, тяжелый металл. В сильном жару способный улетучиваться и окисляться. Почти не действующий на кислоты, то есть не вытесняющий из них водорода. Во многих соединениях он будет похож на расположенные неподалеку титан и цирконий, и потому, возможно, именно в их минералах его и следовало бы поискать.

Менделеев предсказал еще существование экацезия и двицезия, эканиобия, экатантала и экайода, двителлура, экамарганца и тримарганца.

Со времени открытия Исааком Ньютоном закона всемирного тяготения и до открытия Иоганном Галле планеты Нептун прошло полтора столетия. Менделееву повезло больше. Через пять лет после выхода в свет первых выпусков "Основ химии" с изложением периодического закона Лекок де Буабодран открыл предсказанный Менделеевым экаалюминий. А через десять дет швед Ларе Нильсон открыл предсказанный экабор. А через пятнадцать лет немец Клеменс Винклер открыл предсказанный экакремний.

К этому времени атомные веса всех известных элементов были исправлены так, что эти элементы спокойно могли занимать полагающиеся им в согласии с их химическими свойствами места в периодической таблице. Кроме теллура, атомный вес которого

превышал атомный вес йода. Хотя в соответствии с их принадлежностью к семействам, теллур в таблице обязан был стоять раньше йода. Подобно тому, как кислород стоял раньше фтора, сера раньше хлора, а селен раньше брома.

И еще — кроме кобальта. Правда, прежде считалось, что атомные веса у кобальта и никеля совершенно одинаковы — 59, а в конце концов один из них оказался чуть-чуть тяжелее. Но, к сожалению, тяжелей оказался не никель, а стоящий перед ним кобальт.

А в 1894 году к этим двум элементам, не желавшим подчиняться общей дисциплине, присоединился третий.

Глава шестая, в которой Рамзай нарушает периодический закон открытием нового элемента, а потом, используя этот закон, отыскивает целое новое семейство

ЭЛЕМЕНТАРЕН ЛИ АЗОТ?

О необычайной скромности Генри Кавендиша уже упоминалось. Когда через столетие после смерти ученого заглянули в его архив, то обнаружили там открытия, которые затем были сделаны заново другими исследователями. Например, закон Кулона — о том, что сила взаимодействия двух зарядов обратно пропорциональна квадрату расстояния между ними, — был открыт Кавендишем на двенадцать лет раньше Кулона.

Кое-что выяснилось и о другом ранее неизвестном открытии Кавендиша. После того как Даниел Резерфорд, израсходовав весь кислород на горение угля и осадив углекислый газ, обнаружил, что в сосуде остался азот, Кавендиш решил проверить, однороден ли этот оставшийся газ.

Проверял Кавендиш так. Он взял электростатическую машину, с помощью которой можно было получать электрические искры — других источников электричества еще не было, — и стал пропускать искры через воздух, обогащенный кислородом.

В том же сосуде Кавендиш поместил чашку с раствором едкого натра, чтобы поглощать образующиеся окислы азота.

Дело подвигалось крайне медленно, поскольку искры были слабенькие. Три недели подряд крутил упорный лорд рукоятку машины, пока оставшийся в сосуде газ не перестал соединяться с кислородом.

Инертный остаток составлял примерно сто двадцатую часть первоначального объема газов.

Это было в 1784 году.

Через сто десять лет после этого опыта на тот же остаток наткнулись два соотечественника Генри Кавендиша — директор Кавендишской лаборатории Кембриджского университета лорд Релей и профессор Лондонского университета Уильям Рамзай.

Началось с того, что лорд Релей, измеряя плотность самых обыкновенных газов — кислорода, водорода, азота, — столкнулся

с непонятным явлением. У азота оказались две разные плотности. Они отличались очень немного, но отличались безусловно. Все дело было в том, откуда брался азот. Если из воздуха, то плотность у него была чуть побольше. А если на какого-нибудь соединения — аммиака, или селитры, или азотной кислоты, — то чуть поменьше.

Ломал, ломал голову лорд Ролей и наконец обратился в почтенный журнал "Нейчер" ("Природа") с просьбой посоветовать ему что-нибудь. Но я редакция почтенного журнала не знала, в чем дело.

Услыхав о непонятных вещах, происходящих с обыкновенным азотом, да еще не где-нибудь, а в одной из лучших лабораторий мира, Уильям Рамзай приехал и Кембридж и сказал лорду Релею, что тут может быть только одна причина: в азоте из воздуха есть еще какая-то более тяжелая примесь.

Релей сначала не соглашался. Опыт Кавендиша был никому не известен. А предположить, что может быть еще менее активный газ, чем азот, Релей не мог. В таблице Менделеева для такого газа места не было.

Но Рамзай настаивал. Он даже брался провести все необходимые исследования.

Релей согласился.

Рамзай поехал к себе в Лондон и взялся за дело. Он знал, что нагретый магний легко поглощает азот, и воспользовался этим свойством магния для того, чтобы попытаться отделить от атмосферного азота более тяжелую примесь.

Сделал он так — взял трубку с медными стружками, раскалил и стал через нее пропускать воздух. Стружки почернели, значит, кислород соединился с медью. А все остальное Рамзан собрал в баллон.

Это все остальное он пропустил через известковую воду, чтобы она поглотила углекислый газ, который всегда в небольшом количестве есть в воздухе. Известковая вода стала белой.

Теперь Рамзай взял магниевые опилки и бросил их в сосуд. И принялся этот сосуд нагревать, чтобы связать азот с магнием.

Прошел час, другой, третий.

Рамзай измерил плотность оставшегося в сосуде газа: 16. Плотность азота равна 14. Значит, в сосуде было что-то тяжелее азота.

Рамзай продолжал опыт.

Через три часа он снова измерил плотность газа — она возросла до 17,5.

Еще три часа — и плотность поднялась до 19!

Рамзай отделил газ от опилок и, крепко сжимая сосуд, поспешил к спектроскопу.

Так и есть — в спектре этого тяжелого газа ярко светились не известные у других газов красные и зеленые линии. Новый элемент!

Несколько дней подряд раскалял Рамзай магниевые опилки в сосудах с азотом и, когда собрал наконец чуть не сотню кубических сантиметров нового газа, написал о своем открытии в Кембридж, лорду Релею.

Но пока Рамзай возился с магнием, лорд Релей тоже не дремал.

Не очень веря в успех, он все же решил провести собственные исследования. Про магний он не знал — он был не химиком, а физиком, — поэтому он стал связывать азот старым испытанным методом сэра Генри Кавендиша. Тем более, что электрический ток теперь получить было куда проще — существовали уже и аккумуляторные батареи, и динамо-машины. И неделями крутить ручку уже не приходилось.

И когда пришло письмо от Рамзая, у Релея тоже было накоплено немного такого же самого газа.

Все лето они исследовали новое вещество, а 13 августа 1894 года доложили о нем на съезде Британского общества естествоиспытателей в Оксфорде.

Они доложили, что газ этот еще более инертен, чем азот. Что с кислородом он не желает соединяться даже под действием электрических искр. И с магнием тоже не желает. И ни с какими другими веществами его тоже соединить не удалось. И что в отличие от атомов других газов — водорода, кислорода, того же азота, — его атомы не соединяются даже друг с другом. Они носятся не в виде двухатомных молекул, как все прочие газы, а прямо так, поодиночке!

В какое семейство можно было определить этот сверхинертный элемент? Такого семейства в таблице Менделеева не существовало!

И атомный вес был у нового газа престранный: чуть поменьше, чем у кальция, и безусловно больше, чем у калия. То есть он хотел затесаться между щелочным и щелочноземельным элементами. Худшего места нельзя было бы и придумать!

Когда британские естествоиспытатели выслушали все это, на съезде наступило довольно долгое молчание.

Первым нарушил его физик Оливер Лодж. Он спросил:

— Не открыли ли вы, господа, и название этого газа?

Ни Рамзай, ни Релей о названии еще не думали. Только накануне они убедились, что этот газ существует в виде

отдельных атомов, а значит, он действительно элемент, а не какое-нибудь сложное вещество.

Тогда председательствовавший на съезде доктор Медан предложил назвать новый газ аргоном: в переводе с греческого это означало "недеятельный", или проще — "бездельник".

Загадку, которую аргон задал науке, полностью разгадать удалось только через двадцать лет. И совсем другим людям.

Но наполовину ее разгадал тот же Рамзай. И довольно скоро.

"...ЭТОТ КРАСИВЫЙ ГАЗ"

Вскоре после съезда, на котором Рамзай и Релей доложили о своем открытии, в Лондон приехал американский геолог доктор Гиллебранд.

Узнав об аргоне, он посетил Рамзая и рассказал ему, что недавно сам чуть не открыл новый элемент. Он исследовал минералы, которые содержат редкий элемент уран, и обнаружил, что все они при растворении в кислотах выделяют какой-то весьма недеятельный газ. И он, Гиллебранд, заикнулся было, что это новый элемент, но коллеги подняли его на смех. И действительно, газ оказался азотом.

— А в каком минерале этого азота больше всего? — спросил Рамзай.

— В клевеите, — ответил доктор Гиллебранд.

Клевеит, названный так по имени шведского химика Пера Клеве, — довольно сложный минерал, состоящий в основном из окислов тория и урана. Откуда там азот?

История эта показалась Рамзаю загадочной, и сразу после отъезда американца он стал искать образец клевеита. Это оказалось не просто — минерал был открыт недавно, встречался крайне редко, и вполне могло получиться так, что его не нашлось бы во всей Англии.

Но Рамзаю повезло: у одного торговца минералами он обнаружил две унции клевеита. Рамзай выложил 18 шиллингов, вернулся в лабораторию и попросил своего ученика Матьюса вскипятить минерал с серной кислотой и собрать выделившийся газ.

Матьюс был человеком аккуратным и все сделал как следует. У газа из клевеита оказался редкостный спектр! Ничуть не похожий ни на спектр азота, ни на спектр какого-нибудь иного земного вещества. Яркая светло-желтая полоска в нем была как

две капли воды похожа да ту, которая 27 лет назад была обнаружена в спектре солнечного протуберанца.

Гелий? Да, гелий!

Прежде всего Рамзай нашел атомный вес "небесного вещества". Он оказался равен 4. Следовательно, место гелия было между водородом и литием.

Как жаль, что Менделеев зачеркнул на своем листке и не внес в свои дальнейшие прогнозы элемент, заполняющий эту брешь!

Рамзай продолжал исследование.

Он попробовал гелий поджечь. Но тот гореть не пожелал. И с водородом соединяться — тоже. И с хлором. И с калием…

Теперь аргон не выглядел круглым сиротой, бродягой без роду, без племени. Их было двое таких бездельников. Гелий стоял перед литием. Значит, аргон следовало поставить перед другим щелочным металлом. Ближе всего по атомному весу подходил калий. Значит — перед калием? Невзирая на то, что атомный вес у него был не меньше, а больше, чем у калия?

Тогда по примеру Менделеева можно было кое-что предсказать, Например, что перед натрием тоже должен находиться инертный элемент с атомным весом что-нибудь около 20. (Помните зачеркнутое Менделеевым 22?) И что перед рубидием будет открыт бездельник с атомным весом 84. А перед цезием еще один — с атомным весом 131…

Осенью 1897 года Рамзай выступил в Канаде с докладом об аргоне я гелии. И объявил, что существуют еще не открытые сопредставители той же группы. И что "по образцу учителя нашего Менделеева", — так сказал в своей речи Рамзай, — можно предсказать их свойства. И предсказал.

А уже в следующем году, приготовив побольше аргона и охладив его до жидкого состояния и постепенно выпаривая, нашел в нем всю недостающую троицу.

У всех трех были очень красивые спектры. Но особенно красивым оказался спектр одного из них — в нем было множество ярко-красных линий, вся трубка с газом светилась ярко-красным светом.

Как раз в это время в лабораторию вошел двенадцати летний сын Рамзая… Конечно, в наше время двенадцатилетние подростки не нашли бы в светящейся красным светом трубке ничего необычайного. Сейчас такую трубку можно увидеть вечером на любой большой улице. Но тогда…

— Папа, — закричал сын Рамзая, — как зовут этот красивый газ?

— Еще не решено, — сказал отец.

— Он что — новый?

— Новооткрытый, — уточнил отец.

— Почему бы в таком: случае не назвать его "новум"?

— Не подходит. Это латынь, а полагается греческое слово… Впрочем, отчего бы не назвать его неоном? Это по-гречески то же самое…

В отличие от историй о ванне, яблоках и прочих легендарных вещах и обстоятельствах, сопутствующих открытиям, у этой истории довольно надежный первоисточник: она рассказана самим Рамзаем.

Других собратьев гелия и аргона назвали криптоном и ксеноном — от греческих слов "скрытый" и "странный".

Неон встал в таблице Менделеева как раз перед натрием, криптон — перед рубидием, ксенон — перед цезием.

Новое семейство — нулевая группа элементов — очень уместно выглядело именно там, куда оно встало: между щелочными металлами, самыми активными из всех металлов, и галогенами, самыми активными из всех неметаллов.

Правда, с появлением нового семейства в таблице появился новый нарушитель последовательности атомных весов — аргон.

Но во-первых, он был не единственным нарушителем — до него уже были кобальт и теллур.

А во-вторых, разве это был единственный вопрос, который ставил перед наукой закон Менделеева?

ВОПРОС ВОПРОСОВ

Это только вначале так кажется — взойди на гору, и все откроется как на ладони.

С одной стороны, так оно и есть — с горы виднее.

Но с другой стороны, не совсем так, потому что перед взошедшим на гору расширяется горизонт. Линия, отграничивающая то, что мы видим, от того, чего мы не видим, стала много длинней. И за каждой точкой этой границы есть неизвестное.

С вершины открытого Менделеевым закона мир элементов был как на ладони.

Но почему он такой, этот мир?

Почему он начинается с водорода? Почему нет элемента легче? Или он еще не открыт?

Почему он кончается ураном? Почему нет элемента тяжелое, или его тоже еще не открыли?

Наконец, самый главный вопрос. Как образовались атомы разного сорта, если атомы не могут превращаться друг в друга, если они неделимы и вечны?

Новые вопросы означали конец целой эпохи в познании природы вещей. Однако новая эпоха еще не наступила. Невозможность превращения одних элементов в другие в ходе химических реакций была многократно доказана, а никаких иных реакции люди еще не знали.

Часть четвертая
ОТРИЦАНИЕ ОТРИЦАНИЯ

Глава первая,
в которой Крукс и Томсон обнаруживают частицы, более мелкие, чем атомы

ПОРЦИЯ ЭЛЕКТРИЧЕСТВА

Алхимики "читали, что подобное соединяется с подобным. И если сера соединяется с ртутью, то потому, что между ними есть какое-то сродство. Однако Роберт Бойль в своем "Химике-скептике" утверждал обратное — лучше всего соединяются как раз противоположные по своим свойствам вещества. Ведь всем известно, как жадно соединяются кислоты со щелочами!

Эта идея Бойля получила подтверждение в XVIII веке, когда Гальвани и Вольта научились делать батареи. Если в банку с раствором поваренной соли опускали два угольных стержня и подключали их к полюсам гальванического элемента, то на стержне, который был подключен к отрицательному полюсу, всегда выделялся натрий, а на стержне, подключенном к положительному, всегда выделялся хлор.

Когда научились разлагать электрическим током воду, получилась такая же картина: на отрицательном электроде непременно был водород, а на положительном — кислород.

Химики пытались понять, отчего одни элементы выделяются

только на отрицательном электроде, а другие на положительном. Уже давно было известно, что одноименно заряженные тела отталкиваются, а тела, имеющие разноименные заряды, притягиваются. Поэтому Берцелиус в начале XIX века объяснил поведение элементов при электролизе так… Раз водород притягивается к катоду — отрицательно заряженному электроду, — значит, сам водород заряжен положительно. А кислород, который притягивается к положительно заряженному аноду, заряжен отрицательно.

Все элементы он разделил на электроположительные и электроотрицательные. Положительные — те, что выделяются на отрицательном электроде. Отрицательные — те, что выделяются на положительном.

А соединение одних элементов с другими Берцелиус объяснял следующим образом. Положительный водород притягивается к отрицательному кислороду, и получается вода. Положительный натрий притягивается к отрицательному хлору, и получается поваренная соль.

Это объяснение представлялось вполне логичным. Но вот однажды знаменитый в те времена французский химик Жан Батист Андре Дюма был приглашен на королевский бал.

Химик Дюма был к тому же сенатором и президентом Парижского муниципалитета, поэтому в королевском дворце ему приходилось бывать не так уж редко. Но на этот раз, едва успев войти и скинуть на руки лакею пальто, Дюма почувствовал в воздухе королевского дворца что-то необычное. Чем-то он напоминал воздух его собственной лаборатории.

Машинально взглянув в огромное зеркало и одернув полы парадного мундира, Дюма потянул носом и удивленно покачал головой: откуда это во дворце короля взялась соляная кислота?

Он поспешил наверх, в зал. Запах кислоты чувствовался там: еще сильнее. Многие дамы принимали к глазам тончайшие платочки.

Дюма с подозрением оглядывался вокруг и наконец догадался: свечи! Ослепительно белые восковые свечи издавали удушливый запах.

Всю следующую неделю Дюма вместе со своими ассистентами корпел в лаборатории, пытаясь установить, что произошло со свечами.

И установил: многие атомы водорода в молекуле воска заменились атомами хлора, которым отбеливали воск. Когда свечи горели, хлор выделялся, тут же соединялся с атомами водорода — во влажном воздухе они есть всегда — и получался хлористый водород, который растворялся во влаге воздуха и

превращался в едкую соляную кислоту.

Эта история имела последствия не только для фабриканта, поставлявшего во дворец свечи — ему было отказано от двора, но и для теории Берцелиуса, согласно которой электроположительный водород никоим образом не мог быть замещен в воске электроотрицательным хлором.

Деление элементов на положительные и отрицательные оказалось ошибочным. Со временем установили, что сам по себе любой атом электрически нейтрален и лишь в растворе или под влиянием других внешних воздействий может превращаться в электрически заряженный ион, на который и воздействует электрический ток. (Ион в переводе с греческого означает идущее, движущееся, это причастие настоящего времени от глагола эйми — идти.) Но связь между атомами и электричеством, между соединением и разложением разных веществ и притяжением и отталкиванием электрических зарядов была нащупана Берцелиусом правильно.

В тридцатых годах XIX века великий английский физик и химик Майкл Фарадей сумел измерить самую маленькую порцию электричества, необходимую для переноса иона натрия к катоду. Она оказалась в пятьсот миллиардов раз меньше одного кулона. А ведь и сам кулон тоже не очень велик — это количество электричества, способное выделить из раствора азотнокислого серебра 0,001118 грамма драгоценного металла.

Самое занятное заключалось в том, что одинаковая порция электричества была связана и с одним ионом водорода, и с одним ионом натрия, и вообще — с одним ионом любого одновалентного элемента. Но почему это так, поняли позже.

ЛУЧИ В ТРУБКЕ

Майкл Фарадей, первым обнаруживший наименьшую порцию электричества, первым обнаружил и свойство газов пропускать электрический ток.

А его современник немецкий математик и физик Юлиус Плюккер изобрел газосветную трубку.

Он брал обыкновенную стеклянную трубку, наполнял ее каким-нибудь газом, потом часть газа откачивал, а оба конца заваривал вместе с платиновыми проволочками. Теперь стоило подвести к этим проволочкам, кончики которых торчали снаружи, электрический ток — и вся трубка начинала светиться!

После смерти Плюккера опытами с газосветными трубками увлекся английский ученый Уильям Крукс. Между прочим, ото он открыл с помощью спектроскопа элемент таллий с ярко-зеленой полоской в спектре.

Первое, что сделал Крукс — это попытался создать в трубке еще большее разрежение. И ему сразу же повезло: он увидел, как вблизи катода появилось темное пространство, которое постепенно заполнило всю трубку. И когда оно достигло противоположного конца, анод вдруг засветился зеленоватым светом.

Стоит отметить этот 1878 год — год рождения электроннолучевой трубки, самой главной части наших телевизоров.

Однако до телевизоров было еще далеко… А пока что Крукс поместил трубку между полюсами магнита. И тогда анод перестал светиться, и светящееся пятнышко перескочило на стекло, отклонившись по направлению к положительному полюсу магнита.

Это могло значить только одно: от катода несутся по трубке невидимые лучи, представляющие собою отрицательное электричество!

Крукс продолжал опыты и через некоторое время узнал о катодных лучах уже немало. Они распространялись прямолинейно, как солнечный свет. Они не только заставляли многие тела светиться, но некоторые могли даже расплавить. Они способны были проникать сквозь непрозрачные твердые тела. В воздухе они проходили путь в семь сантиметров.

Так не вели себя никакие известные виды лучей или вещества. И Крукс понял, что обнаружил новый вид материи.

Почему появляется темное пространства, когда газ в трубке становится более разреженным?

Да потому, что теперь частицам лучистой материи приходится пролетать некоторое расстояние, прежде чем они столкнутся с каким-нибудь атомом газа и заставят его светиться. Чем больше разрежение, тем дольше полет частиц до встречи с атомами.

Что это за частицы?

Во всяком случае, не атомы, а что-то гораздо более мелкое…

В ТЫСЯЧУ РАЗ ЛЕГЧЕ АТОМА

Скоро студентов будут привозить к нам в детских колясках!" — сказал президент Манчестерского Оуэнс-колледжа, узнав о приеме в университет четырнадцатилетнего Джозефа Джона Томсона. И тут же распорядился не принимать таких малолетних в университетские колледжи.

Однако Томсон с первого же курса стал забирать все стипендии, присуждаемые за лучшие успехи в науках.

Когда ему было 19 лет, его первую работу опубликовали в "Трудах Королевского общества". Когда ему было 24 года, он, блестяще выдержав экзамены на бакалавра, появился в Кавендишской лаборатории. Когда ому было 28 лет, один кембриджский старожил заметил:

— Критические времена наступают в университете, если мальчики делаются профессорами!

Двадцативосьмилетный Томсон был назначен преемником лорда Релея и возглавил Кавендншскую лабораторию — крупнейший в миро центр физической науки.

Томсон много занимался электрическим током. У него не было сомнений в том, что в газах, как и в жидкостях, заряды переносятся ионами. Но откуда они берутся в газах? Что превращает в ионы обычные нейтральные атомы азота пли кислорода? Очевидно, напряжение, подведенное к платиновым проволочкам — электродам трубки…

Отклоняя полет ионов в трубке магнитом, Томсон заметил, что чем больше заряд иона и чем меньше ого масса, тем сильнее отклоняется он от прямолинейного направления полета.

Сильней всего отклонялся магнитом ион водорода. Естественно — ведь его атомный вес в четыре раза меньше, чем у ближайшего к нему элемента — гелия, и в двести сорок раз меньше, чем у самого далекого — урана.

Томсон решил измерить массу частицы лучистой материи Крукса. Но для этого следовало определить величину заряда такой частицы.

Наименьшая величина заряда иона в жидкости была известна — ее определил еще Фарадей: одна пятисотмиллиардная часть кулона. Но никто не знал, какой будет величина заряда у ионов в газах. А без этого Томсон не мог работать дальше.

Выручил его физик Чарлз Таунсенд.

Он вспомнил давно известный факт: когда при разложении раствора поваренной соли выделяется хлор, то некоторые его частицы остаются заряженными и вокруг них образуется туман. Такой же туман сгущается и вокруг выделяющихся частиц водорода и кислорода при разложении током воды. Ионы притягивают к себе из воздуха мельчайшие капли воды.

Таунсенд измерил вес одного кубического сантиметра такого тумана, и полный его заряд, и вес одной капельки. И поделил вес всего кубического сантиметра на вес одной капельки, узнав таким образом число капель в кубическом сантиметре. А затем, поделив общий заряд кубического сантиметра на это число, он получил величину одного наименьшего заряда иона в газе. И оказалось, что и в газах наименьший заряд электричества тоже равен одной пятисотмиллиардной части кулона.

Фарадей мерил в жидкости. Таунсенд — в газе. Фарадей считал атомы натрия. Таунсенд — капельки тумана. А получилось одно и то же число! Значит, и там и тут действовала одна и та же порция электрического заряда, самый маленький, можно сказать — элементарный, электрический заряд.

Еще в 1894 году, за три года до работы Таунсенда, английский физик Джонстон Стони дал элементарному заряду имя — электрон. Он руководствовался идеей об атомарной природе электричества, выдвинутой еще в 1881 году немецким естествоиспытателем Германом Гельмгольцем.

Тогда никто не мог доказать, что электрон — частица. Теперь у Томсона были для этого необходимые данные.

Тем же магнитом, которым он отклонял ионы газов, он стал отклонять катодные лучи. И они отклонялись в тысячу раз сильней, чем ион водорода! Значит, их масса была по крайней мере в тысячу раз меньше массы самого маленького атома. Воистину тонкая материя!

Правильно считал Крукс: частицы лучистой материи, электроны, были совершенно иным видом вещества, чем атомы. Но откуда эти электроны брались?

Очевидно, из атомов, причем атомов любого сорта — ибо катодные лучи возникали в любом газе, лишь бы он был достаточно разрежен.

Получалось, что атом вовсе не прост, что он состоит из электронов и еще из чего-то. И это "что-то" должно было нести положительный заряд — ведь целый атом оставался электрически нейтральным.

Как же мог быть устроен этот сложный атом?

Было предложено два варианта. Первый предложил сам Томсон. В круглом, положительно заряженном атоме сидят, как изюминки в кексе, отрицательные электроны.

Второй вариант предложили сразу несколько ученых. Положительное "что-то" находится внутри, а снаружи, вокруг него, как планеты вокруг солнца, кружатся электроны.

Доказать, кто врав, а кто ошибся, удалось только через несколько лет.

Но сначала расскажем еще об одном свидетельстве того, что атом сложен.

Глава вторая, в которой атомы пытаются говорить с людьми языком радуги, но люди их не понимают

ФРАУНГОФЕРОВЫ ЛИНИИ

В рассказе о французском химике Лекок де Буабодране и об открытии галлия уже шла речь о спектральном анализе. Этот замечательный способ исследования не только привел к открытию нескольких прежде не известных элементов. Спектроскоп оказался инструментом, проникшим в глубь атома. Уже по одному этому со спектральным анализом надо знакомиться подробнее. И начать это знакомство лучше с фраунгоферовых линий.

Собственно говоря, фраунгоферовы линии первым обнаружил вовсе не Иозеф Фраунгофер, живший в последней трети XVIII и в первой трети XIX века, а его современник Уильям Волластон. Но, в отличие от Фраунгофера, который всю свою жизнь занимался оптикой, Волластон интересовался всем на свете, а более всего химией, в которой он отличился открытием двух родственных платине химических элементов — родия и палладия, а также физикой, ботаникой, медициной, минералогией и другими науками.

Изучая спектр солнечного света, то есть разложенный призмой на семь цветов солнечный луч, Волластон заметил, что на спектре есть несколько резких темных линий.

Это его очень удивило, однако, он не счел нужным далее заниматься этим предметом. И наверное, справедливо, что черные полоски на солнечном спектре не носят имени Уильяма Волластона.

Тот, чьим именем они были названы, родился в 1787 году в семье стекольщика и до 14 лет не знал грамоты. Родители его умерли рано, и еще ребенком он пошел в подмастерья к шлифовщику стекол.

Так бы в безвестности и прошла его жизнь, если бы не обвалился дом хозяина. В тот момент, когда почти бездыханного Йозефа вытаскивали из-под развалин, проезжал мимо со своей свитой баварский принц.

Наследник престола изволил принять участие в судьбе мальчика и пожаловал ему довольно много денег.

Иозеф неплохо распорядился ими, начал учиться, поступил в известную оптическую мастерскую в баварском городке Бенедиктбейерне, а затем стал ее владельцем. Его оптические приборы славились во всем мире.

Но истинную славу ему принесли наблюдения за открытыми Волластоном темными линиями в солнечном спектре.

Линий этих Фраунгофер нашел и зарисовал великое множество — более пяти сотен. Располагались они без какого-либо порядка, пересекая радужную полоску спектра во всех его частях — и в желтой, и в оранжевой, и в голубой, и в синей, и в зеленой, и в красной, и в фиолетовой. Но каждая темная линия, сколько бы раз и когда бы ни смотрел на нее Фраунгофер — в любой час дня и в любой месяц года — неизменно оказывалась на одном и том же месте.

Фраунгоферовы линии поражали воображение. Физики, химики, астрономы не знали, что и думать. Откуда на

ослепительном солнце могут браться какие-то черные линии? Если бы они двигались, если бы появлялись и исчезали, то это еще куда ни шло — бывают же на солнце пятна. Но фраунгоферовы линии торчали в солнечном спектре на одних и тех же местах.

Куда менее заметным для современников Йозефа Фраунгофера было другое его открытие — на этот раз не в лучах солнца, а всего лишь в тусклом язычке пламени обыкновенной спиртовки. В спектре этого пламени Фраунгофер обнаружил ярко-желтую двойную линию — в том месте, где в спектре Солнца он всегда видел такую же двойную, но только черную полоску. В 1814 году Фраунгофер опубликовал свое наблюдение, предоставляя коллегам возможность поломать голову над этим необъ-яснимым совпадением. Сорок три года на это явление никто не обращал внимания. В 1858 году английский физик Уильям Сван обнаружил, что двойная желтая линия в пламени спиртовки появляется только тогда, когда в спирте или и фитиле присутствует элемент натрий. Сван рассказал о своих опытах другим физикам, написал статью — и на этом счел инцидент исчерпанным. Он не догадался, что совершил чрезвычайно важное открытие.

Впрочем, увидеть что-либо новое или необычайное — еще не значит открыть.

Есть люди, которые смотрят на вещи и события, но… не видят их. Таких, к сожалению, больше всего.

Другие многое видят, но не всегда понимают увиденное. Это ужо нужные науке люди.

Но больше других пауке нужны те, кто не только видит явления, но и начинает задавать нм вопросы и заставляет их отвечать себе.

Волластон, Фраунгофер, Сван сумели увидеть загадочные явления. Но заставили их рассказать о себе другие естествоиспытатели.

ЗАДАЧА С НАТРИЕМ И СОЛНЦЕМ

В начале пятидесятых годов прошлого века в маленьком немецком городке Гейдельберге, знаменитом своим университетом, физик Густав Роберт Кирхгоф и химик Роберт Вильгельм Бунзен получили ответ на некоторые исключительно важные вопросы, касающиеся фраунгоферовых линий.

Повторим вкратце условие задачи — то, что им было "дано".

В спектре пламени спиртовки иногда появляется двойная желтая линия.

Она возникает только в присутствии натрия.

В спектре Солнца есть точно такая же двойная, но темная линия.

Рассуждение Кирхгофа и Бунзена сводилось к следующему" Они предположили, что желтая двойная линия в пламени спиртовки, появляющаяся только в присутствии натрия, принадлежит не спирту, а натрию…

Кирхгоф, и Бунзен взяли кристаллик поваренной соли, раскалили его, и свет раскаленных паров направили на призму спектроскопа. И получили первый ясный ответ: на шкале спектроскопа появился сплошной, без каких-либо темных полосок, спектр раскаленного вещества, и на нем виднелась та самая ярко-желтая линия.

Предположение подтвердилось — это была линия натрия.

Дальше Кирхгоф и Бунзен рассуждали так. Если двойная желтая линия принадлежит натрию, то и находящаяся в спектре Солнца на том же месте двойная черная линия могла бы тоже принадлежать ему. Что если при прохождении света от раскаленного натрия через более холодные пары того же натрия ярко-желтая линия поглощается и в спектре остается как бы ее тень?..

Исследователи опять раскалили кристаллик поваренной соли, но преградили путь его лучам к призме бледным язычком пламени спиртовки. И натрий ответил: да, это так! Пары натрия в пламени спиртовки поглотили двойную желтую линию, посланную парами натрия из кристаллика поваренной соли, и на спектре возникла двойная черная линия.

Но если в спектре Солнца есть та же двойная черная линия, то не означает ли это, что на Солнце происходит то же самое?

И они направили на призму спектроскопа одновременно два луча — луч Солнца и луч от пламени спиртовки. На шкале спектроскопа появилась все та же двойная черная линия. Тогда Кирхгоф и Бунзен поставили на пути солнечного луча непрозрачный экран — и на шкале, на месте двойной темной линии, засветилась ярко-желтая…

Итак, ответы, полученные от природы, были такими:

двойная линия принадлежит натрию;

на Солнце есть натрий;

фраунгоферовы линии образуются раскаленными парами элементов, находящихся на Солнце.

Но на основании этих трех ответов Кирхгоф и Бунзен сумели

найти еще и четвертый, самый важный: у каждого элемента есть в спектре свой, индивидуальный набор линий.

ИЕРОГЛИФЫ ПОЛОС

Эта работа — в виде коротенькой заметки, всего две страницы — была обнародована в 1859 году.

А уже через год начались триумфальные открытия новых элементов с помощью спектроскопа.

Спектральный анализ оказался замечательным методом исследований мира веществ, он вел от одного открытия к другому.

Но почему?

Не потому ли, что, не ведая того, люди проникли в заповедные глубины вещества?

И еще вопрос: если спектры могут служить визитными карточками элементов, атомов одного и того же сорта, то откуда их сложность, откуда эти многочисленные полосы?

Сложные спектры намекали на то, что атомы устроены далеко не просто; даже у самого легкого атома — водорода — в спектре оказались четыре темные полоски.

Но расшифровывать иероглифы спектральных линий еще никто не умел.

В 1885 году швейцарский учитель Йогам Бальмер заметил, что четыре линии водородного спектра расположены не как попало, а в определенной математической последовательности. И предсказал, что должны быть еще и другие линии, и вычислил, где именно — в видимой и в невидимом части спектра.

Эти дополнительные линии действительно нашлись.

В строгом порядке линий, свойственных спектрам элементов, угадывался смысл. И хотя никому не удавалось перевести его на человеческий язык, стало ясно, что атом не сплошной однородный шарик, каким он представлялся со времен Демокрита.

Электрон свидетельствовал о том же самом.

Есть ли связь между темными полосками спектров и электронами атомов? И если есть, то какая?

Знания, накопленные к 1896 году учеными, но позволяли получить ответ на вопрос о строении атома. Но они свидетельствовали о том, что какое-то строение у атома есть.

Надо было искать новые факты. И никто, конечно, не предполагал, что до их открытия оставались считанные дни.

Глава третья, в которой элементы начинают превращаться друг в друга

ПЕРВЫЙ КАМЕНЬ

В конце 1895 года пятидесятилетний профессор Вюрцбургского университета Вильгельм Конрад Рентген, занявшись катодными лучами, с которыми уже лет двадцать работали десятки исследователей, обнаружил еще одни невидимые лучи. Они появлялись в круксовой трубке — в том месте, куда ударялись катодные лучи, представлявшие собой, как объяснил Томсон, поток электронов.

Если поток электронов врезался в анод, то новые невидимые лучи расходились от светящегося анода. Если поток электронов отклоняли магнитом и он врезался в стекло трубки, то новые невидимые лучи расходились на светящегося пятна на стекле.

Сперва Рентген думал, что это те же катодные лучи, только изменившие свое направление. Но ничего подобного: они совершенно не отклонялись магнитом! И к тому же проходили через непрозрачные предметы. И к тому же, оставаясь невидимыми, засвечивали фотографические пластинки. Рентген сфотографировал руки своей жены и гирьки, помещенные в закрытую деревянную коробку. Эти фотографии — первые в мире рентгеновские снимки — вместе с отпечатанной десятистраничной брошюрой "О новом роде лучей" он послал наиболее авторитетным физикам.

Один из конвертов прибыл в Париж, и его содержимое было оглашено на первом же заседании Французской академии наук в январе 1896 года.

На этом заседании среди других французских ученых

присутствовал профессор Антуан Анри Беккерель — сын профессора Эдмона Беккереля и внук профессора Антуана Сезара Беккереля, занимавшихся всю жизнь изучением фосфоресценции — свечения разных веществ. Эти исследования продолжал и Анри Беккерель — быть может, единственный случай, когда три поколения в семье изучали одно и то же явление природы.

Беккереля, конечно, заинтересовала связь рентгеновых лучей с фосфоресценцией. Если они появляются в фосфоресцирующем пятне, то не может ли давать такие же лучи и какое-нибудь самосветящееся вещество? Такой вопрос возник совершенно естественно, и Анри Беккерель взялся за опыты, которые должны были на него ответить.

Опыты были очень простыми. Он брал способное к фосфоресценции вещество, освещал его солнечными лучами, а потом клал на фотографическую пластинку, завернутую в черную бумагу. Для рентгеновых лучей черная бумага не была преградой, и если бы они возникли, пластинка непременно оказалась бы засвеченной.

Одно за другим ложились на черную бумагу разные вещества, а пластинки ничего не регистрировали. Наверное, другой исследователь уже не раз бы махнул рукой на это дело. А Беккерель продолжал опыт. И в одни прекрасный день, зафиксировав очередную неудачу, он достал очередное вещество — двойную сернокислую соль калия и урана, — положил его на завернутую в черную бумагу фотопластинку, открыл окно, чтобы ультрафиолетовые лучи попали на препарат, а потом закрыл окно и пошел в фотолабораторию проявить пластинку…

На заседании академии наук Беккерель объявил:

"Если взять фотографическую пластинку, обернуть ее двумя листками очень плотной черной бумаги, а сверху положить какое-нибудь фосфоресцирующее вещество (бисульфат урана и калия), выставить все это на несколько часов на солнце, а затем пластинку проявить, то на ней появится силуэт фосфоресцирующего вещества".

Это был не такой уж частый случай двойной ошибки. Ошибочная гипотеза была подтверждена ошибочным фактом. Фосфоресценция не имела к происшедшему ровно никакого отношения, как не имели к нему отношения и рентгеновы лучи.

В этом сам Беккерель убедился уже на следующей неделе. Было пасмурно, солнце почти не появлялось, и препарат урановой соли облучению не подвергался. Но фотопластинка продолжала исправно засвечиваться.

Другие вещества так себя не вели. И Беккерель уже на следующем заседании академии смог доложить о своей ошибке и

о пойманном виновнике — уране, последнем элементе таблицы Менделеева. Это свое поразительное свойство уран скрывал почти восемьдесят лет.

Разумеется, крайне интересно было бы выяснить, не испускают ли лучи и другие элементы?

Беккерель, работавший в музее естественной истории, проверял подряд все минералы. И вскоре убедился: некоторые из них засвечивают пластинку гораздо сильнее, чем та первая урановая соль. Правда, и эти минералы тоже были урановыми — например, урановая смолка из Иоахимсталя в Чехии. Но ведь урана в ней было куда меньше, чем в соли?

В чем же дело?

Беккерель обратился за помощью к своему другу физику Пьеру Кюри и его жене химику Марии Склодовской.

АТОМНАЯ ИЛИ КОСМИЧЕСКАЯ?

Мария Склодовская родилась в семье учителя физики в Варшаве. Окончив с золотой медалью гимназию, она уехала из Варшавы в глушь, работала гувернанткой в помещичьих семьях, а заработанные деньги отсылала старшей сестре, чтобы та могла подучить высшее образование.

В двадцать четыре года — Томсон в этом возрасте был уже бакалавром — Мария Склодовская впервые переступила порог университета. Она жила в ледяной комнате, питалась хлебом и водой — ни на что другое не было денег. И училась, училась, училась. Через четыре года она была уже вполне сложившимся исследователем…

Итак, Беккерель уперся в загадку: урановая смолка излучала сильней, чем двойной сульфат урана и калия, хотя в соли было больше урана, чем в минерале.

Узнав об этом, Мария Кюри высказала предположение: уран в минерале излучает сильней, чем уран в соли, по той же самой причине, по какой азот из атмосферы казался тяжелей азота из аммиака или селитры. И там и тут эффект вызван примесью. В случае с азотом этой примесью оказался, как известно, более тяжелый газ аргон. В случае с ураном надо искать другой сильно излучающий элемент.

Два года в дощатом сарае с бетонным полом и стеклянной крышей кипели в огромных железных баках кислоты и щелочи, выпаривались и фильтровались растворы. Тысячи килограммов

пустых пород из Иоахимсталя — отходов тамошнего уранового производства — превращались в граммы, а затем и в миллиграммы солей. Всю эту работу — работу целой фабрики — делали два человека: Мария и Пьер Кюри.

Два года трудов. Несколько десятых долей грамма добычи. Но какой! Не один, а два новых элемента нашли супруги Кюри в урановых отходах. И оба новых вещества оказались активней урана. Первый, обнаруженный летом 1898 года, они назвали полонием, в честь Польши, родины Марии. Второй — радием, от слова "радиус" — "луч".

Особенно великолепен был радий, оказавшийся в миллион раз активнее урана. У него удалось зарегистрировать лучи трех видов. Магнит действовал на них по-разному. Одни лучи отклонял еле-еле, и притом к отрицательному полюсу. Очевидно, это были какие-то довольно тяжелые положительно заряженные частицы. Другие лучи отклонялись посильней, примерно так, как катодные, и к положительному полюсу. По всей вероятности, это были электроны. Третьи лучи, пожалуй, напоминали рентгеновы — на магнит они не реагировали вовсе.

Три излучения названы были тремя первыми буквами греческого алфавита. Положительные — альфа-лучами, отрицательные — бета-лучами, нейтральные — гамма-лучами.

Если бета- и гамма-лучи были похожи на уже известные излучения, то с лучами, подобными альфа-лучам, люди прежде не встречались.

Когда Мария Кюри измерила их скорость, весь ученый мир пришел в изумление: невиданные лучи неслись со скоростью 25 000 километров в секунду.

Не мудрено, что соли радия непрерывно выделяли громадное количество теплоты — в четверть миллиона раз больше, чем при сгорании угля. В теплоту переходила чудовищная энергия альфа-лучей. Откуда бралась энергия?

Этот вопрос вызывал еще большие споры, чем природа альфа-частиц.

Мария Кюри считала, что источник этой энергии находится внутри атома. Откуда же еще могли выстреливаться такие сверхскоростные снаряды?

Но это было лишь предположение, его следовало доказать.

А пока даже у Пьера Кюри было свое особое мнение: атомы урана, полония, радия — это как бы шлюзы, через которые в наш мир хлещет поток космической энергии. Уран — шлюз поменьше, радий — самый большой шлюз.

Правда, что такое эта "космическая энергия", Пьер Кюри толком объяснить не мог. Но объяснить, что такое

"внутриатомная энергия", в то время тоже никто бы не взялся!

Было ясно одно: наука впервые столкнулась с новым видом энергии, с новым свойством некоторых атомов — непрерывно излучать энергию. Свойство это, на которое случайно наткнулся Беккерель, Мария Кюри назвала радиоактивностью.

НОВАЯ АЛХИМИЯ

Цивилизация и ее драгоценнейшее достояние — наука — создавалась силами всего человечества. На страницах этой книжки уже появлялись индийцы и китайцы, египтяне и греки, римляне и арабы, русские и немцы, французы, англичане, поляки…

Теперь настало время для новозеландца Эрнста Резерфорда — уроженца острова, находящегося на глобусе как раз на противоположной Англии стороне. Он родился в маленькой деревушке Спринг Гроув, отец его был колесным мастером.

Эрнст Резерфорд окончил Новозеландский университет и в 4895 году приехал в Англию, поступил работать в Кавендишскую лабораторию. Когда Томсон открывал электрон, его ближайшим помощником в этом исследовании был Эрнст Резерфорд.

Как только первые вести об открытии Беккереля пересекли Ла-Манш, Резерфорд занялся ураном и с тех пор всю жизнь работал с излучающими элементами.

Через некоторое время ему пришлось покинуть Кембридж и отправиться в Канаду, затем он вернулся и получил лабораторию в Манчестере, затем стал преемником Томсона в Кавендишской лаборатории.

В 1899 году Эрнст Резерфорд сделал первое большое открытие.

Он работал тогда с торием, у которого Мария Кюри тоже обнаружила способность излучать. Вскоре Резерфорд установил, что торий ведет себя странно: излучает то сильней, то слабей. Как только в лаборатории одновременно открывали окна и двери, радиация ослабевала. Как только закрывали, радиация усиливалась.

Резерфорд быстро сообразил, что сквозняк что-то из лаборатории выдувает.

И действительно — сквозняк выдувал газ, который выделялся из торцевой соли. А газ этот был тоже радиоактивным. Больше газа — больше поток излучений. Меньше газа — меньше

радиация.

Почти в то же время друг и помощник Марии и Пьера Кюри француз Анри Дебьерн и немец Эрнст Дорн обнаружили, что такой же газ выделяется из радия.

Резерфорд собрал этот газ и исследовал его по всем правилам химической науки. Радиоактивный газ по своим химическим свойствам как две капли воды походил на инертные газы — гелий, аргон, неон, криптон и ксенон. Он был тяжелее самого тяжелого из них — должен был занять последнее место в нулевой группе естественной системы элементов. И по своим химическим свойствам ему было тут самое место, и по атомному весу, и по новому свойству излучать, которое в большей или меньшей мере проявлялось у всех атомов тяжелее свинца.

Пока Резерфорд занимался открытым им элементом — впоследствии он был окрещен радоном, — Уильям Крукс натолкнулся на другое замечательное явление.

Крукс предпочитал сам проверять открытия. Он купил окиси урана и подверг ее тщательной химической очистке, чтобы быть совершенно уверенным в чистоте препарата. Очистив окись урана, Крукс положил ее на фотопластинку. И пластинка осталась незасвеченной! Выходило, что Беккерель ошибся, Чистый уран не излучал.

Зато примесь, которую Крукс отделил от урана, — вот она излучала! Крукс назвал ее ураном-икс, и принялся изучать ее химическую природу.

Как только об атом узнал Беккерель, он немедленно стал проверять Крукса. И выяснил, что Крукс прав.

Беккерель был способен на удивительные догадки, Через несколько дней после этого опыта ему пришла такая мысль: что если очищенный уран лишь на время потерял свою активность, а теперь она снова появилась?

Беккерель положил ранее очищенный препарат урановой соли на пластинку и пошел в фотолабораторию. Пластинка оказалась сильно засвеченной!

Беккерель проделал то же самое с примесью. Странно, но теперь примесь перестала засвечивать пластинку.

Они поменялись местами, как в бальном танце.

Об этом непонятном явлении Беккерель немедленно известил коллег-физиков. Резерфорд, разумеется, повторил опыты Крукса — Беккереля с торием, и у него получился торий-икс. По химическим свойствам он ничем не отличался от… радия. И Резерфорд тоже наблюдал странный танец с переменой мест.

Не означало ли все это, что в тории, от которого отделили торий-икс, этот "икс" появляется почему-то снова?

Тончайшие химические манипуляции — и вот в одном сосуде торий, совсем переставший засвечивать пластинку, а в другом сосуде возродившийся торий-икс, радий.

Но что значит — возродившийся? "Из ничего даже волей богов ничего не творится", не возродившийся — а родившийся!

Атомы одного элемента превратились в атомы другого элемента!

С этого момента началась эпоха "новой алхимии", нового утверждения идеи о возможности превращения элементов.

Но мысль человеческая не шла по кругу, новое утверждение не означало возврата к фантастическим представлениям искателей философского камня, Мысль шла по восходящей спирали. Новые "алхимики" знали, из каких элементов состоят сложные вещества, и понимали, что ни растворение, ни расплавление, ни возгонка, ни соединение с другими элементами не могут заставить атом одного сорта стать атомом другого сорта. Но теперь им был известен совершенно новый способ взаимодействия вещества, при котором чудо превращения элементов происходило.

Новая эпоха только еще начиналась. Первые парадоксальные факты еще не расшатали все огромное здание привычных представлений.

И потому, например, Беккерель, узнав о превращении тория, не спешил согласиться с Резерфордом. Почему непременно превращение атомов? Может быть, превращение молекул? Может быть, действовали обычные химические силы?

Тогда Резерфорд поручил своему помощнику Фредерику Содди попытаться повлиять на ход этих превращений. Ведь на химические превращения, когда атомы соединяются друг с другом или, напротив, разъединяются, можно влиять. И Содди заставил торий пройти сквозь огонь, воду и медные трубы всевозможных реакций. Но торий, продолжая излучать, с завидным постоянством превращался в радий.

Впрочем, Резерфорд уже подозревал, что превращение и излучение есть, вероятнее всего, один и тот же, единый, процесс. И появление альфа-частицы свидетельствовало о превращении атома тория в атом радия.

Но предположение — это еще не доказательство.

Чтобы найти доказательства, надо было установить природу альфа-лучей.

ГЕЛИЙ ИЗ ТОРИЯ?

Что же такое альфа-лучи?

Мария Кюри выяснила, что это несущийся с неимоверной скоростью поток положительно заряженных частиц.

Но что это за частицы? На что они похожи? На электрон? Или на что-то иное?

Когда превращение более тяжелого тория в торий-икс, обладавший всеми химическими свойствами более легкого радия, стало свершившимся фактом, Резерфорд задался вопросом: а что, если альфа-частицы — это какие-то очень легкие атомы? Он вспомнил и о том, что знали все химики, — в урановых минералах всегда есть гелий. Помните, как Гиллебранд принял его за азот, а Рамзай исправил ошибку в выделил из редкого минерала клевеита солнечный газ?

Газ этот оказался чрезвычайно легким, всего в четыре раза тяжелей водорода. И был вполне подходящим кандидатом на занятие должности альфа-частицы.

Теперь следовало определить массу альфа-частицы и сравнить ее с массой атома гелия. Задача была похожа на ту, что Резерфорд помогал решить своему учителю Томсону — определение массы электрона. Нужно было отклонить поток альфа-частиц в магнитном поле. Величина отклонения будет зависеть от заряда и массы частицы. Чем меньше заряд и чем больше масса, тем трудней частицу отклонить: ведь заряд это как бы локомотив, а масса — весь остальной поезд.

Но как у состава не может быть меньше одного локомотива, так и у заряженной частицы не может быть меньше одного заряда.

А больше — может. Когда надо преодолевать сильный подъем, прицепляют в голову состава не один, а два локомотива. Два заряда имеют, например, ионы магния.

Никто не мог сказать заранее, сколько зарядов у альфа-частицы. Резерфорд предположил, что один заряд, как у электрона, как у иона водорода.

Когда поток альфа-лучей пересек магнитное ноле, они почти не отклонились. И только в поле очень сильного электромагнита отклонение стало довольно заметным, но все же в два миллиона раз меньшим, чем отклонение катодных лучей — электронов, и вдвое меньшим, чем отклонение ионов водорода.

То есть альфа-частицы отклонялись так, будто они были вдвое тяжелей атомов водорода, и это было очень плохо… Плохо потому, что атомы гелия в четыре раза тяжелей атомов водорода. В четыре, а не в два.

Но что если не состав вдвое легче, а локомотив вдвое сильней? Ведь два заряда будут тянуть атом учетверенной массы

именно так, как один заряд — атом удвоенной массы…

Резерфорд засел за расчеты. Ему нужно было вычислить полный электрический заряд альфа-частиц, выстреленных граммом урана за секунду, и число атомов гелия в этом объеме. И потом поделить полный электрический заряд на число атомов.

И у него получилось — на каждый атом приходится ровно два заряда.

Но расчет расчетом. А вот сосчитать бы, сколько на самом деле выстреливается альфа-частиц!

О ПОЛЬЗЕ ИГРУШЕК

Сэр Уильям Крукс, о котором читателю уже кое-что известно, вскоре после открытия радия изобрел замечательный прибор. Поначалу он казался игрушкой. Это не должно удивлять: ракеты, например, тоже долго служили в основном для игры — праздничных фейерверков.

Придуманная Круксом игрушка была похожа на окуляр от бинокля. Небольшая трубочка, сверху прикрытая лупой. А снизу — стеклянный экран, покрытый сернистым цинком — веществом, которое начинает светиться, как только на него попадет излучение. В середине трубочки, между экраном и увеличительным стеклом, торчала иголка, а на острие ее — невидимые атомы радия. Взялись они вот откуда: Крукс дотронулся копчиком иглы до внутренней стенки ампулы, в которой раньше лежал кристаллик бромистого радия. Этого оказалось достаточно, чтобы сколько-то миллионов атомов радия перебралось на иглу.

Приложив глаз к лупе спинтарископа — так называл Крукс свою игрушку (от греческих слов спинтар — "искра" и скопейн — "наблюдать"), — можно было увидеть экран, на котором, как рой падающих звезд на ночном небе, вспыхивали и гасли голубые искры. Каждая искра означала встречу альфа-частицы, вылетающей из радия, с молекулой сернистого цинка.

Предназначалась игрушка для демонстрации необычайных свойств нового элемента, открытого Марией и Пьером Кюри.

Разумеется, Резерфорд, как и все, кому удавалось заглянуть в спинтарископ, был заворожен звездным дождем альфа-частиц. Но еще большее впечатление произвела на него простота прибора, в котором было видно действие одной-единственной альфа-частицы. Ибо это значило, что частицы можно считать.

И Резерфорд вместе со своим помощником Гансом Гейгером принялся считать альфа-частицы.

Это была изнурительная работа — без конца глядеть в окуляр, не проморгать ни единой вспышки на экране. (Не проморгать в самом прямом смысле этих слов: не моргнуть.)

Они считали, считали, считали не сотни, не тысячи, не десятки и даже не сотни тысяч альфа-частиц. Миллионы!

Но зато, когда счет был закончен, и было подсчитано число атомов гелия, выделившегося из радиоактивного препарата, и оба этих числа совпали, вот тогда Резерфорд мог наконец со спокойной душой объявить: инкогнито альфа-частиц раскрыто! Каждая альфа-частица — это атом гелия — вернее, его ядро.

Так игрушка Крукса оказалась первым в истории окошком, заглянув в которое, человек мог воочию убедиться в существовании атомов.

С этого времени перестала существовать атомная гипотеза — атомное строение вещества стало очевидным фактом.

…Итак, альфа-частица окапалась атомом гелия.

А бета-частица оказалась, как и предполагали, электроном.

Какие-то неведомые силы выбрасывали их из атомов всех тяжелых элементов, стоящих в таблице Менделеева после свинца.

И когда какая-нибудь из этих частиц покидала атом, он сразу же становился атомом другого элемента. Потеряв альфа частицу, торий становился радием, радий становился радоном, радон — полонием, полоний — свинцом. Потеряв бета-частицу, актиний становился торием.

Как говорится, ясно и понятно.

Но недаром существует поговорка: "Нос вылезет — хвост увязнет".

Радий получался из урана, и из тория, и из актиния. И из каждого радия получался свой радон. Из каждого радона свой полоний. Из каждого полония свои свинец… Вместо одного радия получалось множество радиев, вместо одного радона — множество радонов, вместо одною свинца — множество свинцов. И все они, кроме свинца, норовили превратиться друг в друга, И хоть химические свойства у всех радонов или всех радиев были одинаковыми, атомный вес у них был разным. И эта страшная путаница фактов грозила обрушить закон Менделеева, потому что непонятно было, куда теперь ставить в таблицу эти одинаковые элементы с разным атомным весом.

Глава четвертая, в которой Резерфорд находит атомное ядро, а Бор — электронную оболочку

Первый залп

Прибор, в котором Эрнст Резерфорд стал обстреливать атомами гелия (альфа-частицами) атомы других веществ, был похож на Круксов спинтарископ, только побольше. В одном конце многометровой стеклянной трубы вместо иглы находилась ампула с радиевой солью, а другой конец упирался в экран из сернистого цинка.

По трубе, как по пушечному стволу, несся в сторону цели пучок альфа-частиц. А целью была тонкая металлическая пластинка — фольга, поставленная перед экраном.

Листочек фольги, конечно, не в состоянии был задержать стремительные снаряды альфа-частиц, и позади него на экране вспыхивали, как и в Круксовом спинтарископе, искры.

Уже во время первых опытов Резерфорд заметил, что вспышки несколько смещаются от направления полета частиц. Отчего? Что могло заставить их отклоняться от первоначального пути?

Конечно, только атомы металла, из которых состояла фольга!

Вот и было бы интересно посмотреть, как это зависит от атомного веса металлов. Не совпадут ли величины отклонения с изменениями атомного веса?

В 1909 году Резерфорд поручил одному из своих лаборантов — Эрнсту Марсдену — проверить это на листках разных металлов.

Марсден начал с золотой фольги. Он поместил золотую мишень перед экраном и скоро увидел, что выполнить задание Резерфорда будет не так-то просто. Вспышки от вылетающих из круглого стеклянного дула альфа-частиц не образовывали на экране четкого круга. Некоторые искорки вспыхивали далеко в стороне.

Марсден не раз налаживал и настраивал свой прибор, но вспышки никак не желали оставаться в очерченном трубой кругу.

Он доложил о странном поведении альфа-частиц Резерфорду. Тот пришел, понаблюдал за вспышками и дал Марсдену не менее странное указание.

— Посмотрите-ка, не отражаются ли альфы-частицы от фольги.

И ушел.

Эрнст Марсден был всего-навсего двадцатилетним лаборантом. Но он понял: если хоть одна альфа-частица отразится от фольги, то тем самым выявится нечто совершенно невероятное. Потому что как это может тонюсенькая фольга отбросить снаряды, летящие со скоростью двадцать пять тысяч километров в секунду?

Прошло несколько дней.

Марсден переделал прибор, установил дополнительные экраны и стал терпеливо ждать.

И вот первая вспышка — не за фольгой, а перед фольгой!.

Вот еще одна. И еще.

И снова пауза. И снова вспышка.

Марсден считал весь вечер и всю ночь.

На каждые восемь тысяч вспышек за мишенью появлялась одна вспышка перед ней. Один из восьми тысяч снарядов фольга отказывалась пропускать и отправляла обратно.

На следующий день Марсден заменил золотой листок медным, потом медный — алюминиевым.

Он хотел выяснять, уменьшается ли число отраженных снарядов, если мишень — из более легких атомов.

И выяснил — да, уменьшается, и довольно сильно.

Через несколько дней он сказал Резерфорду:

— Вы были правы, профессор…

Событие произошло, его надо было объяснить.

Когда рикошетирует снаряд? В двух случаях. Либо — когда отскакивает от чего-то более прочного и массивного, чем он сам. Либо — когда встречается с мишенью под очень большим углом, тут он может отскочить от чего угодно.

Но здесь не было снаряда, была альфа-частица. И летела она перпендикулярно мишени. И не было брони, а была тоненькая фольга. И не было в этой фольге ничего, кроме атомов.

Какими же они были, эти атомы, если семь тысяч девятьсот девяносто девять снарядов пронзали их насквозь, а восьмитысячный отскакивал обратно?

К тому времени существовали две модели атома. Модель Томсона — кекс с изюмом, положительно заряженный шар, внутри которого находятся отрицательно заряженные электроны. И планетарная модель — отрицательные электроны-планеты вращаются вокруг положительного Солнца.

Томсоновский атом не выдержал первого же залпа и рассыпался навсегда. В нем не было ничего, что могло бы

заставить снаряд отлететь обратно. Плавающие внутри шара электроны? С таким же успехом горошина могла бы отбить пушечное ядро: альфа-частица в восемь тысяч раз тяжелей электрона, и к тому же несется с сумасшедшей скоростью.

Оставался лишь один возможный вариант строения атома. Резерфорд пришея к нему после почти двухлетних размышлений. Положительно заряженное тяжелое ядро. И на огромных расстояниях от него, подобно планетам вокруг Солнца, — электроны. Почти пустой атом. Потому что ядро, в котором сосредоточена масса атома, занимает ничтожное место — только так можно объяснить тот факт, что семь тысяч девятьсот девяносто девять альфа-частиц проскакивали мимо. Такой была единственно возможная модель, только такой атом мог вести себя под обстрелом так, как вели себя атомы фольги в опытах Резерфорда и Марсдена.

И Резерфорд был убежден, что атом устроен именно так. Но убедить в этом других он не мог. И вот почему.

Еще в 70-х годах XIX века английский физик Джемс Максвелл доказал, что любое заряженное тело, двигающееся в электрическом поле, при изменении скорости или направления теряет энергию, излучая ее в пространство. Электроны же, вращающиеся вокруг ядра, были бы именно такими телами. И они должны были непрерывно излучать энергию. И весь запас их энергии постепенно бы иссяк. И они обязательно упали бы на ядро. Так же обязательно, как обязательно падает в конце концов на землю выпущенная из ружья пуля.

Электрон упал бы на ядро, и атом перестал бы существовать.

Но известным в то время законам природы планетарный атом Резерфорда не имел права на существование. И в то же время опыт свидетельствовал непреложно: атом ведет себя так, как будто он и есть такой несуществующий атом.

Получалось одно из двух: либо природа играла не по правилам, либо правила были не по природе.

ТРЕТЬЯ ВОЗМОЖНОСТЬ

Она почти всегда существует — еще не известная, третья возможность: в запасе у Природы есть кое-какие правила, которым и подчиняется вновь обнаруженная игра. В случае с атомом это означало, что законы для макромира — для тел величиной с атом и больших, чем атом, недействительны для

микромира — для тел меньшей величины.

…Закон для тел меньше атома был обнаружен берлинским физиком Максом Планком в 1900 году, еще до того, как заговорили об атомном ядре. И тогда никто не понимал, что с этим законом делать, к чему его приложить?

Макс Планк изучал спектры нагретых веществ. Давно было известно, что цвет нагреваемого тела меняется: сперва он красный, потом желтеет, голубеет… В зависимости от того, сколько энергии получало нагреваемое тело, менялось и его излучение.

Планк старался понять, как же именно распределяется энергия по разным излучениям. И когда он собрал множество фактов, связанных с этим процессом, то оказалось, что многим бесспорным данным невозможно найти объяснения, оставаясь на позициях, типичных для макромира.

Превращения в мире веществ нельзя было понять, пока не установили главное: вещества состоят из минимальных порций — атомов. Превращения в мире излучений тоже невозможно было понять, пока Планк не пришел к гениальной мысли: надо отказаться от представления, будто энергия течет сплошным потоком, а представить себе, что энергия, как и вещество, делится на порции, и что излучение состоит из минимальных порций — Макс Планк назвал их квантами.

Почему теплота, свет, рентгеновы лучи должны обладать зернистым, как говорили в старину — корпускулярным, строением, никто не понимал. Кому и зачем могли понадобиться эти минимальные порции энергии, было неизвестно. Известно было одно: профессор Планк, изучая спектры, не смог свести концы с концами, пока не предположил, что есть такая штука — наименьшая порция излучения — квант.

Альберт Эйнштейн первый объяснил с помощью кванта одно из ранее непонятных явлений. В то время, когда Планк ломал голову над спектрами, Эйнштейн еще учился в институте. А потом стал преподавателем. В школе Эйнштейн проработал всего два года: у него было множество собственных мыслей о природе вещей, и ему хотелось найти такую работу, чтоб голова оставалась более или менее свободной для размышлении. А кому не известно, каково приходится учителям…

В 1902 году скромному двадцатитрехлетнему учителю Эйнштейну из маленького городка Шафгаузен повезло: он получил место в столице Швейцария Берне, в патентном бюро. Там, отработав положенные часы, можно было спокойно раздумывать над устройством мира.

…Когда Альберт Эйнштейн прочел статью Макса Планка о квантах, то, поразмыслив, он нашел этим квантам дело.

Давно было известно, что, облучив металлическую пластинку ультрафиолетовыми лучами, можно возбудить в ней электрический ток. И что лучи меньшей энергии, скажем, фиолетовые, сделать этого не могут. Это был твердо установленный, но совершенно непонятный факт! Казалось бы, не все ли равно — пять минут облучать ультрафиолетовыми лучами или пять часов фиолетовыми? Ведь можем же мы испарить ведро воды и на спиртовке, и на керосинке, и на газовой плите — вся разница только во времени. Но то, что получалось с испарением молекул воды, никак не получалось с электронами. Что-то мешало!

Эйнштейн понял что: кванты. Один электрон выбивается из металла одним квантом… Ультрафиолетовый квант энергичней, чем фиолетовый, вот он и выбивает электрон. А у фиолетового кванта энергии для этого не хватает.

Так в 1905 году появилась физическая теория, объясняющая, что обыкновенный свет состоит из квантов — порций энергии разной величины. Величина энергии зависит от длины волны. Чем короче волна, тем энергичней квант.

Теперь хорошо было бы узнать, откуда эти кванты берутся.

БИЛЬЯРД БОРА

Нильс Бор родился в Копенгагене, в семье профессора филологии, и учился физике. Когда он узнал об атомном ядре, открытом Резерфордом, ему было 26 лет. Он приехал в Англию и вскоре поступил стажером в лабораторию Резерфорда, Этому молодому датскому физику предстояло спасти планетарный атом Резерфорда.

Рассуждение Нильса Бора сводилось, в общем, к отказу считать всеобъемлющим правило Максвелла, отрицающее существование атома с ядром, поскольку опыт свидетельствовал, что такой атом есть. И поскольку, кроме всем известного и понятного правила Максвелла, насчет излучений, уже существовало малоизвестное и не очень понятное правило Планка о квантах. И это непонятное правило неплохо подходило к непонятному атому с ядром…

Если бы электрон непрерывно излучал, он упал бы на ядро. Но он не падает, значит, он не излучает непрерывно. Уже потому не излучает непрерывно, что непрерывное излучение невозможно — оно делится на порции, кванты.

Но каким образом эти кванты излучаются электроном?

Основные, первоначальные, принципы теории строения простейшего атома водорода Бор изложил в статье, опубликованной в 1913 году.

Чтобы более или менее наглядно представить себе обоснованное в этой статье поведение электрона, вращающегося вокруг атомного ядра, попробуем обратиться к аналогии.

Разумеется, нельзя забывать, что наглядное представление о процессах внутри атома вообще не может не быть грубо

упрощенным. Аналогия же никогда не соответствует истинной картине — в лучшем случае, она лишь помогает понять ее…

Есть такая игра — один из видов бильярда: наклонная доска с круглыми гнездами, по которой катятся металлические шарики. Чем ниже скатывается шарик, тем трудней ему застрять в каком-нибудь гнезде. Ведь, снижаясь, он катится все быстрей, потому что все большая часть потенциальной энергии превращается в кинетическую, в энергию движения.

Так вот. В определенном смысле атомное ядро ведет себя, как наклонная доска, электроны — как шарики, а гнезда играют роль таких уровней, на которых электрону "разрешено" находиться, не излучая. Попав в гнездо, шарик уже не расходует на движение потенциальную энергию, а лежит себе и лежит. Попав на один из разрешенных уровней, электрон уже не расходует на излучение запасенную на прежнем уровне энергию, а спокойно движется вокруг ядра.

А излучает электрон только при перескоке с одного разрешенного уровня на другой, более близкий к ядру. При этом излучается ровно квант энергии. Электрон не может излучить, скажем, полкванта — ведь он не может прекратить свое "падение" к ядру на полдороге, до следующего разрешенного уровня.

Если же нагревать атом или облучать его, то есть подавать в него энергию извне, то электроны, поглотив эту энергию, перескочат с более близких к ядру уровней на более далекие. Потом такой атом сможет отдавать энергию обратно: электроны соскакивают пониже, и кванты излучаются в пространство. Если это кванты видимого света, вещество начинает фосфоресцировать, светиться.

Как, например, устроен атом водорода? У него есть ядро, несущее один положительный электрический заряд. А вокруг него, как Луна, вращается электрон. Но, в отличие от Луны, он может находиться не на одной-единственной орбите, а на любой из нескольких разрешенных для него орбит. И перескакивая со ступеньки на ступеньку, сверху вниз, с одной разрешенной орбиты на другую, он должен при этом отдавать разные порции энергии, разные кванты.

Вот откуда серия полосок в спектре водорода, обнаруженная некогда Бальмером. У разных порций — разная энергия, значит, это разные фотоны — кванты света: один, например, желтый, другой красный, третий фиолетовый, а четвертый еще энергичней — он попадает в спектре в зону ультрафиолета.

…Люди обычно предпочитают, чтобы непонятные вещи объясняли им с помощью понятных. Поэтому способ, которым никому не ведомый молодой датчанин решил спасти непонятную

конструкцию атома Резерфорда, не сразу пришелся по душе даже физикам. Лорду Релею, например.

Но все же не один Резерфорд оценил гениальную идею Бора…

Глава пятая, в которой Мозли не только спасает естественную систему элементов, но и объясняет ее

ВСЁ СТАНОВИТСЯ НА СВОИ МЕСТА

Когда лавины новых поразительных открытий проносятся в мире науки, то сперва кажется, что ничто не осталось на месте, все рухнуло. Но вот оседает пыль: и разрушенными оказываются только предрассудки и заблуждения, а очищенный от них мир истин становится еще более незыблемым.

Так получилось и на этот раз.

Раньше других этот новый прекрасный мир увидел сверстник Бора и ученик Резерфорда Генри Гвин Мозли.

О нем не очень много известно. Вероятно, потому, что на занятия наукой судьба отпустила ему считанные годы. Летом 1910 года он окончил Оксфордский университет и явился к Резерфорду. А летом 1915 года погиб от пули на войне — в окопе, на берегу Дарданелл.

Ньютон прожил 85 лет, Бойль — 64, Ломоносов — 54. Лавуазье — 51 год, а Мозли погиб примерно в том же возрасте, что и Лермонтов…

Подобно Беккерелю, Мозли был сыном профессора и внуком профессора. Подобно Кавендишу, он был фанатически предан науке. Его друзья рассказывали: у Мозли было два рабочих правила. Первое — если начал налаживать прибор для опыта, то нельзя останавливаться, пока он не будет налажен; второе — когда прибор налажен, нельзя останавливаться, пока опыт не будет окончен. Мозли предпочитал работать в полном уединении. Известна такая история. Резерфорд курил трубку, и Мозли курил трубку. Трубка то и дело гаснет, и курильщики тратят уйму спичек. У Мозли спички были всегда, и Резерфорд нередко заходил к нему, чтобы зажечь свою потухшую трубку. Но так продолжалось недолго. Однажды, зайдя в лабораторию, где трудился его молодой сотрудник" профессор увидел гору спичечных коробков и надпись: "Пожалуйста, возьмите одну из этих коробок и оставьте в покое мои спички!"

Итак, судьба отпустила Генри Гвину Мозли совсем немного

времени. Как же он распорядился им?

Первый год изучал бега-лучи и гамма-лучи. Второй год — лучи Рентгена. По-видимому, он выбирал, какой вид излучений может дать больше информации об устройство атома. Замок шкатулки не открыть ключом от городских ворот…

Самые длинные электромагнитные волны — их длина от сантиметров до километров — работают в радиоприемниках. Волны покороче — длиной в миллиметр или в его десятые доли — воспринимаются как тепло. Волны в тысячные доли миллиметра можно увидеть — это свет. Еще короче невидимые ультрафиолетовые волны, от которых темнеет наша кожа. Но самые короткие волны у рентгеновых лучей — они и сотни миллионов и миллиарды раз меньше сантиметра.

Когда Мозли определил длину волны у лучей Рентгена, он понял, что получил наконец ключ к атому. Ведь у атомов именно такие размеры — в миллиарды раз меньше сантиметра.

На третий год своей работы у Резерфорда Мозли занялся изучением рентгеновского излучения разных металлов. Ото явленно было обнаружено несколькими годами ранее: если подводить к рентгеновской трубке все более высокое напряжение, то длина волны рентгеновых лучей будет постепенно уменьшаться. Но только до тех пор, пока не вспыхнет более интенсивное излучение, уже неизменное по длине волны. И эта волна уже не зависит от напряжения, она зависит от материала, из которого сделан анод.

Рентгеновское излучение металла можно было, подобно свету, разложить и получить рентгеновский спектр металла.

Уже первые рентгеновские спектры, полученные Мозли, поразили ученого своей простотой. Если на оптических спектрах даже самых легких металлов были сотни полосок, то на каждом рентгеновском спектре была только одна серия из нескольких линий. А начиная с калия, появлялась еще одна серия линий; начиная с рубидия — третья…

Такая простота сулила бесценные возможности для исследователя: одно дело сравнивать между собой сложнейшие многолинейные оптические спектры, другое — односложные рентгеновские.

Надо было поскорей набирать факты. Напылять на анод разные металлы, получать их рентгеновские излучения, фотографировать спектры.

Мозли почти не спал и почты не ел, не выходил из лаборатории по несколько суток.

Через три месяца у него набралась обширная коллекция рентгеновских спектров. И в один прекрасный день или, что при

характере Мозли еще вероятнее, в одну прекрасную ночь, он разложил на столе эти фотографии.

Он разложил их в той последовательности, в какой металлы шли в периодической таблице: под спектром титана располагался спектр ванадия, еще ниже лежал спектр хрома, далее — марганца, железа, кобальта, никеля, меди, цинка…

И Мозли увидел замечательную картину: на каждой следующей фотографии серии линий смещались влево примерно на одинаковое расстояние. То есть у каждого следующего элемента собственное рентгеновское излучение состояло из лучей с меньшей длиной волны, или, что то же самое, с большей частотой и, следовательно, с большей энергией квантов.

Мозли стал подсчитывать, как возрастает эта частота, и получил удивительный результат — частота излучения возрастала почти в точности пропорционально… порядковому номеру элемента в таблице Менделеева.

Почему?

Чтобы вонять это, надо было сначала найти ответы на некоторые другие вопросы.

Прежде всего Мозли установил, чем отличается свечение поверхности анода в рентгеновской трубке от свечения атомов в спектроскопе.

Катодный луч рентгеновской трубки — это поток электронов, несущихся со скоростью десятков тысяч километров в секунду. Его энергия несравнима с энергией горелки, на которой раскаляют вещества в обычном спектроскопе. Сильнейший удар катодных лучей способен вырывать из атома металла не только наружные электроны, но и тот электрон, который находится ближе всего к атомному ядру, а значит, притягивается к нему с наибольшей силой.

И на место, освобожденное этим электроном, падает электрон, который находится на более далеком от ядра уровне. Во время такого перескока выделяется порция энергии, которая и дает на рентгеновском спектре характерную линию.

Почему же эта линия у каждого элемента своя? Потому что соответствующие порции излучаемой энергии разные. А почему порции разные? Потому что не одинакова сила, с которой атомное ядро притягивает ближайший к нему электрон. Она тем больше, чем больше положительных зарядов в ядре.

Именно положительный заряд ядра и определяет место того или иного элемента в периодической таблице, его порядковый номер в естественной системе элементов.

А раз так, то возрастание частоты линий рентгеновских спектров, которое вызывается увеличением заряда ядра, должно

быть пропорционально порядковому номеру элемента.

Итак, атомный вес был заменен другим признаком — зарядом ядра. И сразу же стало ясно, что Менделеев расположил элементы в своей таблице правильно даже в тех случаях, когда последовательность атомных весов нарушалась.

Спектры свидетельствовали: у кобальта 27 положительных зарядов, а у никеля — 28. Объяснились и два других мнимых нарушения закона — теллуром и аргоном. У обоих оказалось в ядре на один положительный заряд меньше, чем у следующих за ними в таблице йода и калия.

Теперь можно было разобраться и в путанице с несколькими свинцами, радиями, радонами и прочими элементами, получавшимися при радиоактивных превращениях. Атомы разной массы, но с одинаковым зарядом ядра, надлежало относить к одному и тому же элементу и помещать в одну и ту же клетку периодической таблицы.

Стал понятен и главный закон новой алхимии, названный законом сдвига: если при распаде атома из его ядра вылетает альфа-частица, то заряд ядра уменьшается на две единицы и, значит, номер элемента также уменьшается на две единицы, то есть атом сдвигается в таблице элементов на две клетки влево; а если из ядра атома вылетает бета-частица, электрон, то заряд ядра увеличивается на единицу, порядковый номер — тоже, и элемент сдвигается на одну клетку вправо.

Фредерик Содди и Казимир Фаянс, сотрудники Резерфорда, открывшие закон сдвига, дали атомам с одинаковым зарядом и разной массой название "изотопы" — "занимающие одно и то же место" ("топос" по-гречески —" "место"; отсюда "топография" — "описание местности").

Лавина прошла, унеся с собой непонятные исключения из периодического закона. Теперь он звучал так: химические свойства элементов находятся в периодической зависимости от зарядов их ядер. Вопрос о том, почему естественная система элементов начинается с водорода, решился сам собой — заряд ядра атома водорода + 1.

И вопрос о числе электронов в каждом атоме был теперь ясен: раз атом нейтрален, то есть его положительные заряды полностью уравновешиваются его отрицательными зарядами, значит, число электронов в нем равно числу положительных зарядов. То есть у водорода должен быть один электрон, у гелия — два, у лития — три и так далее.

Решился вопрос и о числе элементов от водорода до урана (ведь каждый новый заряд ядра давал новый элемент), и о пропущенных, еще не открытых элементах — теперь они были

очевидными разрывами в непрерывной очереди зарядов, непрерывной очереди порядковых номеров.

Правда, оставалось неизвестным, почему система элементов заканчивалась ураном, и заканчивалась ли она им на самом деле, или могли быть и другие — еще не открытые элементы.

Кроме того, за полвека, прошедшие с момента открытия периодического закона, появились новые вопросы, и самый волнующий из них был о том, что же такое атомное ядро?

И не только потому, что неделимое оказалось делимым, а вечное — не вечным. Куда важней было то, что в ядре атома таились какие-то огромные силы — те самые, что разгоняли ядра гелия до скорости 25 000 километров в секунду.

Может быть, для человечества было бы лучше не задумываться над этим, не искать у природы ответа. Но стремление человека к разгадыванию тайн природы неодолимо. И сколько бы раз ни обжигались люди, они вновь и вновь летят на свет истины.

И они заглянули в ядро и увидели, что там есть.

Глава шестая,
в которой появляются протон и нейтрон

ВОДОРОДНЫЕ ЛУЧИ

Для того, чтобы узнать, что находится в орехе, нужно разбить орех. Для того, чтобы узнать, что находится в ядре, нужно разбить ядро. Или, обстреливая альфа-частицами какие-либо атомы, посмотреть, что происходит не со снарядами, а с мишенью.

Если обстрелять, например, атомы водорода, вчетверо более легкие, чем сами альфа-частицы, то при столкновении альфа-частица должна была бы так толкнуть водородный атом, что он должен был пролететь вчетверо дальше, чем она сама.

Резерфорд предложил Марсдену провести такой эксперимент.

И действительно, альфа-частицы отшвыривали водородные атомы, как бита отшвыривает городок.

Но этим опытом Марсден не ограничился. Ему захотелось посмотреть, как будут вести себя другие атомы, тоже легкие, но тяжелей водорода.

Проще всего было обстрелять альфа-частицами просто воздух, состоящий из атомов азота и кислорода. Они примерно в полтора десятка раз тяжелей атомов водорода, значит, и отлетать от удара альфа-частиц должны были не очень далеко.

Марсден был прекрасным экспериментатором. Но тут произошла осечка. Как ни очищал он воздух в приборе от водяных паров, все равно обнаруживались ядра, летящие вчетверо дальше, чем альфа-частицы.

И Марсден выдвинул смелое предположение — эти водородные ядра несутся оттуда же, откуда несутся альфа-лучи — из ядер радия.

Продолжению опытов с "водородными лучами" помешала первая мировая война. Почти всех сотрудников Резерфорда — в том числе и Марсдена — забрали в армию. Но когда война стала подходить к концу, Резерфорд начал планомерную охоту за таинственным водородом. И в одном из опытов заменил воздух чистым азотом. Теперь в приборе было ровно на четверть больше атомов азота, чем в воздухе.

Резерфорд принялся считать вспышки на экране. И когда истекло положенное время, оказалось, что и вспышек стало больше ровно на четверть — двадцать пять лишних на каждую

сотню.

Это значило, что водород вылетал из азота!

Это значило, что ядра атомов водорода входят в состав ядер атомов других элементов.

И еще: не значило ли это, что Уильям Праут 100 лет назад верно угадал, из чего состоят атомы?

Но за эти 100 лет люди узнали о природе вещей больше, чем за два тысячелетия, прошедшие со времен Демокрита и Аристотеля. И потому Эрнст Резерфорд, раздумывая о том, что он увидел, в конце концов пришел к выводам, которые Прауту показались бы абсурдом. Касались они устройства атомного ядра.

…Как же устроено атомное ядро, если из него могут вылетать ядра водорода? Ну, хотя бы самое простое после водородного — ядро гелия?

Оно в четыре раза тяжелей — следовательно, в нем четыре водородных ядра. Но зарядов у него не четыре, а всего два. Не значит ли это, что четыре водородных ядра удерживаются вместе двумя электронами, находящимися внутри ядра гелия? В таком случае на два водородных ядра приходился бы один электрон. Но если электрон может удерживать в одном ядре два водородных ядра, то тем легче ему удерживать в ядре одно водородное ядро… И тогда получится удивительное ядро, состоящее из ядра водорода и электрона — ядро, не имеющее заряда. Получится как бы нулевой атом — атом с пулевым зарядом ядра и, следовательно, без электронной оболочки. Он не сможет химически взаимодействовать с другими атомами. Но зато ни одно ядро не оттолкнет его. Идеальный снаряд для обстрела ядер!

Так Резерфорд предсказал нейтрон — правда, еще не названный этим словом.

А самому водородному ядру, составной части всех прочих атомных ядер, Эрнст Резерфорд и английский физик Оливер Лодж дали имя "протон", от греческого "протеос" — "первичный, первоначальный".

БЕРИЛЛИЕВЫЕ ЛУЧИ

Бериллий, тот самый элемент, что поначалу причинил столько беспокойств Менделееву, в дальнейшем ничем особенно не выделялся. При добавлении его к меди получали твердый упругий сплав — бериллиевую бронзу; вот, пожалуй, и все.

И вдруг немецкие физики Вальтер Воте и Ганс Беккер обнаружили бериллиевые лучи? Они обстреливали листок бериллия альфа-частицами, и на экране никаких вспышек не появилось, но золотые листочке электроскопа, стоявшего за экраном, опали. Значит, что-то спокойно проходило через экран. Боте и Беккер попробовали отклонить это "что-то" магнитом. Не вышло.

Бериллиевыми лучами заинтересовались французские физики Фредерик Жолио и его жена Ирен Кюри, дочь Марии и Пьера Кюри. Они проверили сообщение немцев и убедились — так оно и есть: под ударами альфа-частиц бериллий дает мощное излучение без признаков электрического заряда. Они решили подставить под бериллиевые лучи водородную мишень. И сразу же обнаружили за ней поток ядер водорода.

Ирен Кюри и Фредерик Жолио не читали журнала, в котором было напечатано предсказание Резерфорда. И сами не догадались, в чем тут дело.

Но Джеймс Чедвик, который помогал Резерфорду расщеплять ядра азота и не раз обсуждал с ним возможные последствия их алхимического эксперимента, понял, что Боте и Беккер наткнулись на нейтрон. А 27 февраля 1932 года он подтвердил это опытом.

В этот день стала известна вторая составная часть атомного ядра. Протон и нейтрон — вот блоки, из которых природа соорудила атомные ядра; электрон в этом случае был не нужен.

Ядро водорода? Один протон: масса 1, заряд 1.

Ядро гелия? Два протона плюс два нейтрона: масса 4, заряд 2.

Ядро урана? Девяносто два протона плюс сто сорок шесть нейтронов: масса 238, заряд 92.

Теперь, правда, затуманивалось дело с бета-лучами. Как могут вылетать из ядер электроны, если их там нет, а есть лишь протоны и нейтроны?

Впрочем, появление бета-лучей можно было объяснить, предположив, что сами по себе нейтроны способны в определенных условиях превращаться в протон, остающийся в ядре, и электрон, покидающий ядро.

А вот как объяснить, что за сила удерживает в ядре положительно заряженные протоны? Пока считалось, что в ядре находятся протоны и электроны, можно было думать, что отрицательные электроны склеивают положительные протоны электрическими силами. Но если электронного клея в ядрах не существует, то что же тогда противодействует отталкиванию одинаково заряженных протонов, что превращает их в монолит

чудовищной прочности?

Это очень трудный вопрос, но мы забрались уже туда, где простых ответов не знает никто.

В самом деле, что происходит, когда притягиваются два разноименных заряда? Что их тянет друг к другу? Или — когда одноименные отталкиваются. Что их оттаскивает?

В учебниках пишут, что притягивание и отталкивание — суть действия электромагнитного поля. Но что такое это поле? Не последний ли потомок последней тонкой материи — эфира?

…Когда в 1923 году шведский король вручал Нобелевскую премию физику Роберту Милликену за многочисленные успехи в изучении природы электричества, Милликен сказал: "Я прошу вас выслушать ответ экспериментатора на основной и часто предлагаемый вопрос: что такое электричество? Ответ этот наивен, но вместе с тем прост и определенен. Экспериментатор констатирует прежде всего, что о последней сущности электричества он не знает ничего".

А другой известный ученый Герман Вейль утверждал, что "… различие между обоими видами электричества (положительным и отрицательным) представляет собой еще более глубокую загадку природы, нежели различие между прошлым и будущим…"

Глава седьмая, в которой Севре делает первый искусственный элемент, Ферми разбивает ядро урана пополам, а Петржак и Флеров доходят до границы Менделеевской системы

ЗАПРЕЩЕННЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ

Последним из предсказанных Менделеевым элементов, который удалось открыть обычным химическим путем, был элемент номер 75, или, по терминологии Менделеева, двимарганец.

Открыть его было чрезвычайно трудно.

Во-первых, выше двимарганца стоял в таблице еще один неоткрытый элемент — номер 43, И потому о свойствах двимарганца нельзя было судить так, как о свойствах экасилиция (германия) но свойствам кремния и олова или о свойствах экаалюминия (галлия) по свойствам алюминия и индия.

Во-вторых, находясь в восьмой группе элементов и считаясь аналогом марганца, двимарганец на самом деле, как потом обнаружилось, походил на него мало. И потому, сколько ни искали его в марганцевых минералах, так и не нашли.

Эту особенность элемента номер 75 удалось разгадать немецким химикам — супругам Иде и Вальтеру Поддан.

Но, пожалуй, слово "разгадать" неверно. Ида Ноддак рассказывала, что они с мужем целый год по десять — двенадцать часов в день читали отчеты о всех исследованиях всех соединений тяжелых элементов пятой, шестой, седьмой и восьмой групп таблицы Менделеева.

Они выяснили, как изменяются их свойства сверху вниз и слева направо. И поняли, что двимарганец должен во многом походить на осмий, рутений, молибден и другие тяжелые металлы. И что надо искать его не в марганцевых минералах, а в платиновых или в ниобиевом минерале колумбите.

Предположение подтвердилось. В 1922 году они обнаружили в русской платиновой руде новый окисел, а в 1926 году выделили из норвежского колумбита первые миллиграммы нового металла — рения.

Между прочим, деньги на эти исследования Ноддакам дали владельцы электроламповых заводов, которые надеялись, что металл, расположенный между вольфрамом и осмием, сможет заменить вольфрам в лампочках и будет служить дольше. К двадцатым годам XX века менделеевскую таблицу знали уже все.

После того как клетка номер 75 была заполнена, внутри таблицы остались только четыре пустые клетки.

Клетка номер 43 — над рением. Там было место предсказанного еще Менделеевым экамарганца.

Клетка номер 85 — под йодом. Ее должен был занимать предсказанный Менделеевым экайод, самый тяжелый галоген.

Клетка номер 87 — под цезием. Менделеев называл этот элемент экацезием. Это должен был быть самый тяжелый щелочной металл.

Наконец, клетка номер 61 принадлежала еще не открытому родственнику редкого элемента лантана.

У всех этих, не обнаруженных пока еще, элементов была одна общая особенность — та же, что у открытых последними европия 83), актиния (№ 89), протактивия (№ 91) и рения (№ 75), — элементы с нечетным номером, то есть с нечетным числом протонов в ядре, дольше скрывались от исследователей. Почему именно — никто не знал (это и сейчас еще не известно). Но так или иначе, а то, что все неоткрытые элементы были нечетными, легкого успеха охотникам за элементами не предвещало.

Возможные трудности усугубила еще одна непонятная закономерность, впервые замеченная еще в 1923 году русским химиком С. А. Щукаревым и окончательно сформулированная в 1934 году немецким физиком Маттаухом.

Они изучали атомы с одинаковой массой, но принадлежащие разным элементам. После Мозли, объяснившего, что дело не в атомном весе, а в заряде ядра, такие атомы никого не удивляли. Что из того, что у атомов ниобия, циркония и молибдена может быть одинаковый атомный вес — скажем, 93? Ведь заряд у них разный, значит, и число электронов разное — у ниобия 41, у циркония 40, у молибдена 42. И ведут себя эти атомы одного веса совсем по-разному.

Но вот что обнаружили Щукарев и Маттаух. Среди таких одинаковых по атомной массе атомов разных элементов не может быть двух стабильных, нераспадающихся соседей. Например, если цирконий-93 стабилен, то ниобий-93 радиоактивен. А вот "следующий за ниобием молибден-93 опять может быть стабильным.

И когда приложили это правило к недостающим элементам № 43 и № 61, то выяснили досадную вещь: у обоих были

стабильные соседи такого же атомного веса, как они. Значит, нераспадающихся атомов этих неоткрытых элементов существовать не могло. Атомы двух других искомых элементов — № 85 и № 87 — не могли не распадаться потому, что все элементы тяжелее 82-го распадались. Так что всех четырех неоткрытых элементов могло просто не остаться на свете!

Труднее всего было поверить, что не удастся обнаружить легкий элемент под № 43. Но что поделаешь! В таблице Менделеева он находился между молибденом (атомный вес 96) и рутением (атомный вес 101). Значит, атомный вес неоткрытого экамарганца мог быть только 97. 98, 99 или 100. Но у молибдена были найдены стабильные изотопы с атомным весом 96. 97. 98 и 100. А у рутения — 99, 101 и 102. Поэтому места для нераспадающегося экамарганца просто не оставалось. Странно, но факт!

Тем не менее молодой итальянец Эмилио Сегре, знавший все это, начал в 1936 году охоту именно за экамарганцем.

ИСКУССТВЕННЫЙ ЭЛЕМЕНТ

Сегре прекрасно понимал, что на природные минералы ему рассчитывать нечего. Раз до сих пор экамарганец никому не попался, раз все сообщения об открытии новых элементов в марганцевых минералах неизменно оказывались ошибочными, значит, если он когда-нибудь там и был, то весь уже распался.

Точно так же нечего было рассчитывать, что экамарганец мог образоваться при естественном распаде урана, тория, актиния и других радиоактивных элементов. Там дело всегда кончалось свинцом — элементом № 82. А среди промежуточных неустойчивых ядер — таллием, элементом № 81. От номера 81 до номера 43 было слишком далеко.

Нет, на природу Сегре не рассчитывал. Он рассчитывал на циклотрон.

…Во времена, которые уже в эпоху Демокрита и Аристотеля, вероятно, считались древними, существовало такое оружие — праща. Веревку складывали вдвое, в петлю закладывали камень, раскручивали веревку с камнем и, раскрутив, отпускали один конец — камень с силой летел вперед…

Американский физик Эрнест Лоуренс придумал, как закрутить заряженную частицу магнитами, чтоб она, летя по кругу, набирала скорость. И как потом бросить ее в мишень. Там,

где ускоренные в циклотроне частицы вылетали по касательной наружу, Лоуренс поставил на их пути массивную металлическую пластину — зуб. Большинство частиц, ударяясь о скошенную грань зуба, отражалось в нужную сторону. Но некоторые частицы проникали внутрь зуба и, конечно, разогревали его. Поэтому зуб приходилось делать из очень тугоплавкого металла. Лоуренс выбрал молибден.

И вот что сообразил Эмилио Сегре: на циклотроне ускоряли ядра дейтериа — тяжелого изотопа водорода; ядра водорода, которые натыкались на зуб и застревали в нем, могли сталкиваться с ядрами молибдена; но если к ядру атома молибдена, элемента № 42, прибавить еще один положительный заряд, то получится ядро элемента № 43.

Молибденовый зуб циклотрона — вот где могло быть единственное на Земле прибежище для экамарганца! Сегре отправился в Америку и получил там кусок облученного на циклотроне молибдена.

30 января 1937 года работа в его лаборатории закипела.

Сперва надо было посмотреть — излучает ли облученный молибден. Оказалось, излучает. Значит, какая-то радиоактивная примесь в нем была.

Но какая именно? Вопрос этот был вовсе не прост, потому что источником излучения мог быть не только таинственный элемент № 43.

В 1934 году Ирен и Фредерик Жолио-Кюри открыли новое явление — искусственную радиоактивность. Обстреливая альфа-частицами алюминий, они обнаружили, что часть его превратилась в неустойчивый, радиоактивный изотоп фосфора. Затем удалось получить искусственные радиоактивные изотопы многих других химических элементов. Какой-нибудь радиоактивный изотоп известного элемента вполне мог оказаться и в облученном молибденовом зубе.

Чтобы обнаружить экамарганец, Эмилио Сегре и его помощник Казимир Перье растворили излучающий молибден в царской водке и химическим путем стали удалять из раствора все

атомы с зарядом ядра, отличным от 43. Сначала из раствора вывели ниобий. Но излучение осталось. Потом цирконий. Излучение осталось. Потом молибден. Результат тот же. Потом рутений. То же самое. Особенно трудно было с рением. Но и это труднейшее разделение осталось позади, и рений ушел из раствора. А радио-активность осталась!

И только тогда Сегре и Перье объявили: открыт новый радиоактивный элемент, образовавшийся из молибдена в циклотроне.

Этот искусственный элемент назвали технецием — от греческого слова "технитос" — "искусственный".

Позже тем же способом были изготовлены элемент № 85, названный астатом, и элемент № 61, который назвали прометием. А элемент № 87 — франций, удалось найти среди остатков распада актиния.

Обстрел атомных ядер ядрами водорода и альфа-частицами привел к созданию первых искусственных элементов. Но к еще более поразительным результатам привели опыты, в которых ядра стали обстреливать нейтронами.

ОБСТРЕЛ НЕЙТРОНАМИ

О поразительных свойствах нейтрона Эрнст Резерфорд предупреждал еще тогда, когда у него только-только мелькнула мысль о том, что нулевой атом может существовать. В июне 1920 года Резерфорд говорил: "Такой атом должен обладать небывалыми свойствами. Он должен отличаться способностью свободно двигаться через вещество. Он должен с легкостью проникать в глубины атомов и там может либо соединяться с атомными ядрами, либо подвергаться распаду".

Но к каким событиям могли привести эти небывалые свойства нейтрона — об этом даже Резерфорд догадаться не мог.

Довольно долго не мог догадаться об этом и тот, кто первым вызвал эти события, — итальянец Энрико Ферми, один из самых замечательных физиков XX века.

Энрико Ферми учился в Пизанском университете, а потом — в университетах Германии и Голландии, как раз в те годы, когда наука вступала в эпоху новой алхимии и перед молодыми исследователями открывались неслыханные возможности.

Именно тогда, в начале двадцатых годов, из стен университетов вышли многие прославленные физики и химики

мира. Людям старших поколений не так-то легко было воспринять "алхимические" веяния нового времени, и молодежь быстро завоевывала себе место под солнцем. Прошли те времена, когда Томсон смог потрясти всю ученую Англию, став профессором в двадцать восемь лет. Энрико Ферми не было и двадцати пяти, когда он оказался профессором Римского университета.

Ферми принялся обстреливать нейтронами мишени из самых разных элементов, и у него получались самые разные радиоактивные изотопы.

Пока Ферми занимался сравнительно легкими элементами, все было более или менее понятно. Но когда он стал обстреливать уран, появилось множество радиоактивных ядер с неожиданными свойствами — не похожими ни на уран, ни на торий, ни на радий, радон, полоний, ни на прочно радиоактивные элементы, расположенные неподалеку.

И точно такие же непонятные вещи стали получаться у немцев Отто Гана и Фридриха Штрассмана, которые тоже занялись нейтронным обстрелом урана.

Сперва Ферми, а за ним и немецкие исследователи решили, что у них получились атомы новых элементов, которые должны идти в таблице Менделеева после урана, — экарения, экаосмия, экаиридия, экаплатины. Но выделить их химическими способами никак не удавалось. И вдруг — это было уже в 1930 году, на шестой год после начала нейтронного обстрела урана — Ган и Штрассман поняли, в чем дело. И Ферми, и они искали атомные ядра тяжелее урана. А надо было искать легкие, И не чуть-чуть легче, а приблизительно в два раза!

Из урана, элемента № 92, получался не радий — элемент № 88, не свинец — элемент Да 82, а например, бром — элемент № 35, рубидий — элемент № 37, стронций — элемент № 38, молибден — элемент № 42, наш новый знакомый — технеций, элемент № 43.

Нейтрон отбивал от уранового ядра не какую-то малую часть вроде альфа-частицы, а буквально разваливал ядра пополам. И каждый разделившийся надвое атом урана излучал энергии раз в сто больше, чем при альфа-распаде. Со времен Беккереля не обнаруживали атомы таких небывалых свойств!

И еще одна особенность была у нового вида ядерных превращений. Чем тяжелее атом, тем больше нейтронов приходится в его ядре на один протон. Поэтому при распаде ядра урана на два ядра средней массы неминуемо должны были высвободиться "лишние" нейтроны. Подсчеты показали: каждый атом урана, поглотив один нейтрон и развалившись,

высвобождает два новых нейтрона.

Тогда не так уж много людей понимало, что означает это роковое число: два. Между тем вот как должны были вести себя эти два нейтрона в достаточно большой массе урана: каждый нейтрон, разрушая новое ядро, освобождал бы два новых нейтрона, каждый из новых двух — еще два, и цепная реакция должна была мгновенно охватить весь уран, освобождая из него чудовищное количество ядерной энергии.

Это поняли Эйнштейн и Ферми, бежавшие от фашистов в Америку, Жолио-Кюри во Франции, Ган и Штрассман в Германии, это поняли и советские физики.

Дальнейшее известно, но ядерное оружие — не тема этой книги…

ПОСЛЕДНИЙ В ТАБЛИЦЕ

Почти одновременно с Энрико Ферми нейтронной бомбардировкой атомных ядер начал заниматься в Ленинграде молодой физик — на год моложе Ферми — Игорь Васильевич Курчатов.

И как только стало известно, что при нейтронном облучении атомы урана делятся и что при этом освобождается гораздо больше энергии, чем при обычном распаде, Курчатов занялся ураном. Двум своим помощникам, Константину Петржаку и Георгию Флерову, он поручил проверить, как зависит деление урана от энергии нейтронов — то есть, попросту говоря, от скорости нейтронных снарядов.

Петржак и Флеров взяли ампулку с радоном — источником альфа-лучей. Взяли бериллий — из которого альфа-лучи могли бы выбить нейтронные снаряды. Взяли урановую смолку. Смонтировали такой счетчик, чтобы от альфа-частиц он не щелкал, а щелкал от импульса в сто раз большего. И приступили к опытам.

Но прежде чем начать нейтронный обстрел урана бериллиевыми лучами, они решили удостовериться, что у них не будет никаких помех. Смонтировав свой прибор, убрали ампулку с радоном, убрали бериллий и включили счетчик. И тут же раздался щелчок.

Они немного подождали. Новый щелчок!

Не в порядке счетчик?

Петржак проверил все лампы, все конденсаторы, все

сопротивления, неисправностей не было.

Значит, помехи не внутри прибора, а вне его. Может быть, виноваты космические лучи? А может, еще проще — по соседней улице прошел трамвай, дуга заискрила? Но существовала еще одна возможность, и молодым экспериментаторам она была, конечно, стократ милей: ну, а если это — свидетельство самопроизвольного деления отдельных урановых ядер? Еще Нильс Бор на основе теоретических расчетов, сделанных вскоре после открытия Гана и Штрассмана, предупреждал, что в принципе урановые ядра могли бы распадаться пополам и самопроизвольно. Надо было продолжить эксперимент. И попытаться проверить это. То есть доказать, что виновник щелчка — именно уран. Но следовало избавиться от всевозможных посторонних помех.

Сперва решили уйти под воду, благо море рядом, Стали уже договариваться с подводниками, но потом от этой затеи отказались: Балтийское море мелкое" а космические лучи проходят через десятки метров воды.

Тогда придумали другой выход: московское метро.

И вот Петржак с Флеровым перевезли свое нехитрое оборудование из Ленинграда в Москву и обосновались на станции "Динамо". Шестидесятиметровый слой земли я бетона надежно изолировал прибор от посторонних зарядов.

Вставлен в счетчик тонкий диск с намазанной на него окисью урана, никаких других источников излучения нет поблизости и в помине.

Томительно потянулись минуты, часы. И вдруг — щелчок. И следом — другой.

В прибор вложили еще один диск с ураном, и щелчков стало вдвое больше. Еще один диск — еще больше щелчков. На сколько больше дисков, на столько больше щелчков!

Так произошло открытие самопроизвольного или, по-научному, спонтанного деления.

Ядро атома урана оказалось таким громоздким сооружением, что уже не могло выдерживать собственной массы. Если у висмута, так сказать, чуть-чуть осыпалась штукатурка, если у полония, астата, радона, радия, тория вываливались из стен отдельные кирпичи, то уран разваливался весь.

После открытия самопроизвольного деления урана можно было уже понять, почему таблица Менделеева кончалась на атом элементе: все ядра, начиная с уранового, неизбежно разваливались…

Глава восьмая, в которой даются современные рецепты изготовления золота

ПЕРВЫЕ НАРУШИТЕЛИ

Впервые граница естественной системы элементов была нарушена в конце 1940 года.

Работавшие на циклотроне Лоуренса американцы Мак-Миллан, Эйбольсон, Сиборг, Вейл и Кеннеди, обстреляв ядрами тяжелого водорода урановую мишень, обнаружили новые ядра, у которых был заряд на один и на два больше, чем у урана.

Элемент № 93 был назван нептунием, а № 94 — плутонием — в честь планет, находящихся в нашей Солнечной системе дальше планеты Уран. У нептуния и плутония оказалось много изотопов, как у всех тяжелых элементов. Все изотопы были сильно радиоактивными.

Единичные сверхтяжелые ядра, полученные в циклотроне, по могли, конечно, иметь практического значения. Но очень скоро появился другой их источник — несравненно более мощный.

При облучении урана нейтронами происходят разные процессы — потому разные, что обычный уран, содержащийся в природных минералах, это, собственно говоря, не один уран, а три разных урана, три изотопа. Одного изотопа, с атомным весом 234, так мало, что его можно вообще не принимать в расчет. Другого, с атомным весом 235, гораздо больше. Именно его атомы, поймав нейтрон, тут же делились пополам, выбрасывая два новых нейтрона. Но урана-235 в общей массе природного урана все же менее одной сотой части. А почти все остальное приходится на третий изотоп, с атомным весом 238. Когда нейтроны из урана-235 попадают в ядра урана-238, его ядро, увеличившись на один нейтрон, тут же выбрасывает электрон. Тем самым оно увеличивает на единицу и свою массу, и свой заряд, и вместо элемента № 92 с массой 238 получается элемент № 93 с массой 239 — изотоп нептуния.

Но поскольку природа предпочитает четные числа, такое ядро особенно живучим быть не может. И действительно, уже через полчаса каждое второе ядро нептуния-239 исторгает электрон и таким образом увеличивает свой заряд еще на единицу и становится изотопом элемента № 94, плутония. Хотя

массовое число у такого ядра продолжает оставаться нечетным — 239! — все же 94 протона придают ему большую надежность, и такие ядра живут более двух суток. А по истечении этого срока каждое второе ядро плутония-239 самопроизвольно разрывается на две части, подобно ядру урана-235, но при этом может высвободить уже не два новых нейтрона, а три!

Если загрузить в ядерный реактор природный уран, обогащенный ураном-235, то в реакторе начнет довольно быстро накапливаться плутоний.

Этот плутоний и служит основным ядерным горючим для атомных электростанций. По некоторым подсчетам, к двухтысячному году плутоний будет давать половину всего электричества на Земле. Существует даже предположение, что следующий за нашим железным веком исторический период получит название плутониевого века. Вполне возможно.

Однако и само по себе сотворение плутония уже означает великую практическую победу новой алхимии. По сравнению с ней "Дело Солнца" показалось бы, вероятно, даже Роджеру Бэкону и Джеймсу Прайсу процедурой, не достойной серьезного внимания.

И все же интересно, как выглядит это "Дело" сегодня, когда наука ушла от эпохи философского камни на целый виток спирали? Существуют ли современные реценты изготовления золота, отстоящие столь же далеко от прописей доктора Айриша или Иоанна Исаака Голланда?

Современные рецепты

Из ртути и серы

Начнем с рецепта, который в качестве исходных использует материалы, применявшиеся алхимиками.

"В менделеевской таблице ртуть идет сразу за полотом порядковый номер полота 79, а ртути 80. Массовое число единственного стабильного изотопа колота равно 107, а природная ртуть состоит из семи изотопов с массовыми числами 196, 198–202 и 204.

Допустим, "матерью" будет второй по распространенности изотоп ртути Hg-200. Нужно как-то уменьшить заряд ядра ртути на единицу, а массовое число на три, тогда и получится золото.

Обстреляем ртуть ускоренными ядрами "отца" — серы.

Возможно, что какие-то из ядер серы отнимут протон и два нейтрона из ядра ртути и тем самым решат поставленную задачу. Вероятность такого взаимодействия очень мала и, кроме того, ядра серы и ртути смогут соприкоснуться только в том случае, если ядра-снаряды будут разогнаны до 30 000 км/сек. Если скорость их будет меньше, то электростатические силы отталкивания не позволят одноименно заряженным ядрам сблизиться настолько, чтобы мог произойти подхват нуклонов из ядра ртути.

Такие быстрые ядра можно получать на современных ускорителях тяжелых ионов, но, конечно, в ограниченных масштабах: тысячетонный циклотрон, построенный по последнему слову техники, за год работы ускорил бы всего около 10 миллиграммов попов серы…

В ядерных реакциях ртуть + сора только один ион-снаряд из миллиардов превращает ядро ртути в ядро атома золота. Все остальные ядра серы будут потрачены на побочные реакции. В итоге, для того чтобы получить этим способом один грамм золота, нужно ускорить тысячу тони серы… Энергия тысячи тонн вещества, ускоренного до 30 000 км/сек, составит примерно 10^{14} квт. ч. Эта величина — одного порядка с энергией, необходимой человечеству на ближайшие десять лет, и, чтобы расплатиться за нее, не хватит всего золота мира!

Золотой запас всего мира — 50 000 тонн. Если брать за киловатт-час по копейке (по расценкам Мосэнерго 1 квт. ч стоит 4 копейки), то 10^{14} квт. ч будут стоить 10^{12} рублей, то есть примерно миллион тонн золота".

Этот и следующие рецепты взяты у Владислава Ивановича Кузнецова, участника работ по синтезу элемента № 104 — курчатовия.

Из ртути и водорода

Здесь уже явное отклонение от классических теорий алхимиков — нет сульфура. Впрочем, и "Се рецепт" Голланда грешил тем же недостатком. Итак…

"Обстреляем ртуть ядрами водорода — протонами. Протон, если его энергия достаточно высока, может выбить несколько протонов и нейтронов из ядра ртути. Существует такое значение энергии протона, когда преимущественно идет реакция с вылетом двух нейтронов и двух протонов и ртуть-200 превращается в

золото. Однако и в этом случае затраты энергии будут немногим меньше, чем в реакции сера + ртуть".

Опять плохо…

Из ртутя и нейтронов

О такой возможности алхимики, естественно, подозревать не могли.

"…Поместим в активную зону реактора специальный контейнер со смесью природных изотопов ртути… Начинаем облучать ртуть нейтронами. Примерно через месяц все ядра изотопа Hg-196 захватят по одному нейтрону и превратятся в ядра золота. Конечно, захваченный ртутью-196 нейтрон не меняет заряда ядра, вначале получается лишь новый изотоп ртути Hg-197. Но этот изотоп неустойчив; ядро захватывает орбитальный электрон, один из протонов при этом превращается в нейтрон, и таким образом ртуть, атом за атомом, превращается в золото. Этим способом в 77 литрах природной ртути за месяц можно накопить около полутора килограммов золота.

Почему так мало? Потому что в естественной смеси ртути на долю изотопа ртути-196 приходится всего 0.14 %. (А из остальных ее изотопов получить золото в нейтронных потоках нельзя: массовые числа этих изотопов больше, чем у стабильного изотопа золота.)

Может быть, выгоднее разделять изотопы ртути и облучать только ртуть-196? Примем условно, что стоимость ядра ртути и ядра урана одинаковы (на самом деле чистая ртуть-196 значительно дороже урана-238). В этом случае затраты на синтез одного ядра золота будут такими же, как и на синтез ядра плутония, получающегося при захвате ураном-238 нейтрона. Но ведь плутоний в десятки раз дороже золота, добытого обычными методами. Значит, искусственное золото, полученное самым дешевым способом, окажется во много раз дороже добытого из россыпей…

Такое положение в недалеком будущем вряд ли изменится. Если же "стоимость нейтрона" со временем упадет, то и тогда будет целесообразнее расходовать нейтроны на синтез расщепляющихся материалов, а не золота. Они — нужнее".

Но что нужнее — это, правда, уже другой вопрос. И каким будет ответ на него, когда спираль сделает новый виток, сегодня

сказать нельзя.

Еще не создано периодической таблицы для электрона, протона, нейтрона и других элементарных частиц. И сколько их еще предстоит открыть, никому не известно.

Еще не создано периодической таблицы для гравитационного, электромагнитного, ядерного и других полей. И сколько их еще предстоит открыть, не известно тоже.

Скорее всего, в распоряжении наших потомков окажутся такие могущественные силы природы, что сам этот вопрос — на что целесообразней расходовать нейтроны — потеряет для них всякий смысл. И плутонию — как, впрочем, и золоту — они предпочтут нечто такое, о чем мы сегодня можем судить не больше, чем средневековый алхимик — об атомном ядре.